Инв № 84.

В. А. ШТАЛЬ

УГМСи. Карелии
А 1045

МЕТЕОРОЛОГИЯ НА СЛУЖБЕ АВИАЦИИ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
СЛУЖБЫ
АЭМБ

Научно-Техн. Архив и Библиотека
№ 11570
Сев.-З. п. УГМС

„НА ВАРТІ“

Инв № 16

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

В. ШТАЛЬ
летчик—наблюдатель

МЕТЕОРОЛОГИЯ НА СЛУЖБЕ АВИАЦИИ

ир. 87
ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ КЕМЬ
№ 11570
Сев.-Зап. УГМС

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗД-ВО „НА ВАРТІ"
ХАРЬКОВ 1934

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

От автора 3
Введение 4

I. Метеорологическая обстановка и ее значение в авиации

1. Атмосферные явления и их влияние на полет

Тепловые процессы 7
Давление воздуха 10
Влага в атмосфере 11
Циркуляция атмосферы 24
Грозовые явления 37

2. Типы погоды и их влияние на работу авиации

Классификация типов погоды 39
Типы погоды неустойчивой воздушной массы 40
Типы погоды устойчивой воздушной массы 42
Типы погоды фронтов 43
Метеорологические условия полета в стратосфере 45

II. Применение метеорологии в авиации

1. Аэрометеорологическое обслуживание полета

Общие понятия 49
Техника определения метеорологических элементов в авиации . . . 50
Служба метеорологической информации и предупреждений 66
Служба погоды 68

2. Аэрометеорологическое обеспечение операции

Использование климатических данных 81
Долгосрочные прогнозы и их использование 89
Указатель примет 95
Источники 96
Приложения 97

Редактор Т. Дуброва
Техредактор Н. Волкова

Издание № 33. Типографских знаков в бум. листе 50.000. Формат бумаги 62 х 94.
Сдано в производство 2/XII-33 г. Подписано к печати 26/III-34 г.

Уп. Головліт. 6214. Друк. в-ва ЦК КП(б)У „Комуніст". Зам. 2753. Тираж 4700.

О Т А В Т О Р А

Настоящая книга представляет собой опыт изложения с авиационной точки зрения и с учетом летной практики автора вопросов метеорологии и их применения в авиационной работе.

Отрасли метеорологии, не представляющие интереса для авиации, здесь не рассматриваются.

Книга рассчитана на широкие массы летного состава военной и гражданской авиации, в виду чего автор стремился к возможной популярности при изложении затронутой темы. Тем не менее здесь нашли отражение все новейшие взгляды в области синоптики, на которых базируется работа органов службы погоды и аэрометстанций ВВС.

Исходя из об'ема книги и учитывая, что для данного контингента читателей не имеет особого значения строго научное обоснование сложных метеорологических проблем, а, наоборот, на первый план выступают потребности практического характера, в некоторых случаях приходилось ограничиваться лишь поверхностным изложением теоретических вопросов.

Считаю необходимым выразить благодарность пом. начальника ВВС УВО тов. Дроздовскому, проф. Педаеву, ст. климатологу Гимеина УССР М. В. Нахильницкой и ст. синоптику Центр. Укр. бюро погоды Пятницкому, взявшим на себя труд по просмотру настоящей книги, давшим ряд ценных указаний и оказавшим содействие при проработке отдельных вопросов.

В. Шталь

В В Е Д Е Н И Е

Благодаря достижениям современной авиационной техники выполнение полета теперь стало возможным почти в любую погоду. Известны, например случаи полета в бурю, в грозу. При некоторых условиях можно летать в облаках или в сплошном тумане. И тем не менее все же приходится констатировать факт огромной зависимости работы авиации от условий погоды. Помимо возможности (с чисто технической стороны) выполнения полета, надо учитывать еще степень затруднительности полета и вероятность благополучного исхода.

Кроме всего этого надо учесть, что техническая возможность летать, т. е. пребывать тот или иной промежуток времени, с тем или иным напряжением и риском в воздухе, еще не означает возможности выполнения определенного летного задания, связанного с определенной высотой, маршрутом и боевыми действиями.

Однако, и в тех случаях, когда полет по заданию возможен, на него все же атмосферные явления оказывают иногда довольно сильное влияние. Они затрудняют или облегчают в той или иной степени выполнение заданного полета.

Для наиболее успешного, безопасного и целесообразного выполнения полета необходимо учитывать и предвидеть условия погоды.

Еще в эпоху мировой войны успех некоторых воздушных операций был обязан умелому использованию командованием хорошо поставленной службы погоды. Наряду с этим известно также немало случаев неудач, благодаря недоучету метеорологических факторов.

Классическим примером постановки и использования службы погоды может служить эпизод, описываемый начальником германских военных воздушных сил во время мировой войны фон-Геппнером*: „Первая треть июня в районе Канала была очень дождлива и особенно неблагоприятна для дальних экспедиций.

---

* Фон-Геппнер „Германские воздушные силы в мировой войне".

11 июня метеоролог-консультант обратил внимание командира бомбардировочной эскадры на предстоящее улучшение погоды. В связи с этим вылет против Лондона был назначен на 13 июня.

Метеорологические указания рекомендовали при полете в сторону неприятеля оставаться на небольших высотах, пользуясь восточным ветром; при возвращении же использовать западный ветер, господствовавший на высоте свыше 4000 м, для того, чтобы сократить время всей операции до $4^1/_2$ час. Кроме того, было обращено внимание, что вылететь нужно было не позже 10 час. утра, дабы не быть застигнутыми грозой после полудня. Прошедшая блестяще и без потерь операция эскадры, посадка которой произошла через $4^1/_2$ часа после старта и за $1^1/_2$ часа до прихода тяжелой грозы с градом, без всяких поломок на своем аэродроме, убедительно доказывает, какое значение часто имели удачные советы метеорологической службы".

Другой пример с неменьшей убедительностью показывает, какое значение на исход операции имеет плохая постановка или недооценка метеорологической службы.

В ночь с 19 на 20 октября 1917 года 13 немецких цеппелинов вылетели на бомбардировку промышленных центров Англии. Погода была благоприятная и 9 воздушных кораблей благополучно достигли Лондона. Густой туман над Лондоном и потушенные огни затруднили ориентировку. Все же бомбы были сброшены и цеппелины повернули назад, рассчитывая благополучно добраться до Германии. Однако, условия обратного полета не были благоприятны.

Немецкая служба погоды не предусмотрела, что на Атлантическом океане на запад от Англии может появиться циклон. Циклон быстро надвинулся и захватил цеппелины на обратном пути. Слабые ветры сменились на холодные СВ и С ветры скоростью 20 м/сек. и больше.

Цеппелины начало сносить на юг. К 7 час. утра вместо Голландии они оказались на 600 км к югу от Лондона над линией французских окопов. Французские летчики атаковали их. Вскоре два корабля было сбито. Одному удалось уйти на запад, но он упал в море, а флагманский цеппелин попал в руки французов.

Отсюда понятна та роль, которую играет в настоящее время метеорология в ряду других авиационных дисциплин.

Метеорология (в широком смысле слова), занимающаяся изучением земной атмосферы в целом, распадается на несколько отраслей: а) собственно метеорологию, изучающую главным образом прилегающий к земле слой атмосферы, б) аэрологию, метеорологию верхних слоев атмосферы, в) климатологию — изучающую климатические условия различных мест земной поверхности, г) учение о погоде, рассматривающее зависимость погоды от тех или иных атмосферных процессов и методы предсказания погоды, д) актинометрию — изучение напряжения солнечной радиации.

Для авиации особенный интерес представляет аэрология и учение о погоде. Однако, как раз изучение этих отраслей представляет наибольшие трудности. Тем не менее в течение последнего времени и в этих отраслях достигнуты значительные успехи. При помощи метода шаров-пилотов, поднятия метеорографов на змеях, шарах, зондах и самолетах удалось выяснить структуру атмосферы и те процессы, которые происходят в ее разных слоях и обуславливают собой различные типы погоды.

Земная атмосфера по своей структуре делится на два резко отличающиеся друг от друга слоя: 1) тропосферу, простирающуюся (в наших широтах) от земли до высоты около 11 км*, и 2) стратосферу — от 11 км и выше. В тропосфере обычно температура падает с высотой, имеются восходящие и нисходящие токи, образуются все формы облаков, туманы, осадки, грозы. В стратосфере же, наоборот, температура почти постоянна и равна для средних широт около — 55° С. Восходящих и нисходящих токов и облаков обыкновенных видов в стратосфере нет.

Верхние слои атмосферы, интересные в научном отношении, для авиации пока большого значения не имеют. Работа последней протекает за редкими исключениями в нижней половине тропосферы, т. е. именно там, где происходят все процессы, создающие метеорологическую обстановку. Последняя складывается, с одной стороны, из отдельных атмосферных явлений (тепловых процессов, испарения, конденсации, ветра и проч.), влияющих в той или иной степени на самолет, мотор, показание приборов, состояние аэродрома, личный состав и, наконец, на выполнение самого полета и, с другой стороны, — из тех или иных сочетаний метеорологических элементов, образующих типы погоды. От последних зависит не только возможность выполнения данного полета, но и возможность (затруднительность) работы авиации в целом на данном отрезке времени и пространства.

Для того, чтобы учитывать метеорологическую обстановку, избегать аварий и поломок от метеорологических причин и, наоборот, использовать с максимальной полнотой благоприятные явления и моменты времени, существует аэрометеорологическая служба, предназначенная для использования достижений метеорологической науки в авиационной практике.

Эти два фактора — метеорологическая обстановка и аэрометеорологическое обслуживание (т. е. прикладная авиационная метеорология) — в рамках потребностей авиационной практики и положены в основу настоящей книги.

---

* У полюса тропосфера простирается до 8 км, а у экватора — до 17 км.

I. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ В АВИАЦИИ

1. АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЛЕТ

Тепловые процессы

Источником всех явлений, совершающихся на земле и в окружающей ее атмосфере, является солнечная радиация, т. е. лучистая энергия, испускаемая солнцем и проникающая в нашу атмосферу. Солнечная радиация, поступающая в атмосферу, частично отражается от земной поверхности и облаков и попадает обратно в мировое пространство. Таким образом теряется около 40% ее и лишь около 60% используется землею и ее атмосферой.

Однако, несмотря на постоянный приток тепла к земной поверхности, температура земли остается почти постоянной. Следовательно, приток тепла должен равняться его расходу. Расход тепла обусловлен лучеиспусканием земли в мировое пространство и происходит непрерывно днем и ночью. Однако, в полной мере этот расход может проявляться лишь ночью, днем же он с избытком компенсируется притоком тепла. Теплота, излучаемая земною поверхностью, не достигает межпланетного пространства, а почти полностью поглощается земной атмосферой, являясь главным источником ее нагревания. Непосредственно же от солнечной радиации атмосфера нагревается в ничтожной степени.

Нагретая благодаря ночному лучеиспусканию атмосфера сама, в свою очередь, лучеиспускает как в межпланетное пространство, так и к земле.

Облака сильно понижают потерю тепла землею. В присутствии высоких перистых облаков, покрывающих все небо, потеря составляет 60—80% по сравнению с ясным небом, а при низких облаках она падает до 5%.

Температурой воздуха называется степень его нагретости. От температуры воздуха и ее изменений зависят некоторые явления, имеющие большое значение в авиации. Земная поверхность в зависимости от ее характера и рельефа нагревается неравномерно. Поэтому и прилегающие к земной поверхности слои воздуха оказываются неодинаково нагретыми. Более нагретые внизу массы воздуха при наличии некоторых необходимых условий начинают подниматься. Образуются так называемое восходящие токи. На место поднимающихся более теплых воздушных масс опускаются более плотные холодные массы — нисходящие токи. Восходящие и нисходящие токи называются конвективными токами. Они создают явление так называемое „рему" (бросание самолета, „болтовня").

Следует отметить, что провалы и броски самолета не являются, как принято думать в обывательских кругах, следствием наличия „воздушных ям", а происходят вследствие попадания самолета в нисходящие и восходящие токи воздуха или благодаря колебаниям под'емной силы самолета при порывистом ветре.

„Рему" обычно бывает в теплое время года и суток. Особенно сильное „рему" наблюдается в „хорошую" жаркую, летнюю погоду. Хорошим указателем наличия конвективных токов являются кучевые и грозовые облака. Весной и осенью „рему" начинается позже, чем летом и прекращается раньше. В прохладные, особенно пасмурные дни, „рему" может не быть совсем.

В особенности сильно бывает „рему" над пересеченной местностью. Различная почва, растительность и рельеф создают восходящие токи разной интенсивности. При переходе самолета с поля на лес он проваливается, попадая в нисходящий поток воздуха. При переходе с леса на поле — наоборот.

Наиболее сильные восходящие токи дает невозделанное поле, меньшие — пахота и почти совсем не дает восходящих токов водная поверхность. Это обстоятельство иногда дает возможность улавливать очертания реки при полете над облаками. „Рему" затрудняет пилотирование самолета, а также всякую работу на нем, утомляя экипаж. Особенно же оно сказывается на навигационной работе, связанной с применением точных приборов (определение угла сноса, ветра, пеленгование, производство различных расчетов).

Рассмотрим температурные условия равновесия атмосферы. Нагретая от земли масса воздуха, поднимаясь (адиабатически) * всегда охлаждается на 1° на каждые 100 м поднятия. Если при этом окружающий воздух охлаждается с высотой быстрее, т. е. больше 1° на 100 м поднятия, то поднимающийся воздух будет оставаться теплее окружающего и, следовательно, будет про-

---

* Т. е. без перемешивания поднимающегося воздуха с окружающим воздухом.

должать поднятие. В этом случае имеется неустойчивое равновесие атмосферы, весьма неблагоприятное для авиации. Обратное явление — отсутствие восходящих токов или быстрое их затухание. Это устойчивое равновесие. Устойчивость воздуха еще более усиливается, когда температура с высотой не падает вовсе или повышается.

Такое явление называется инверсией. Причины инверсии могут быть разные — часто они происходят от сильного охлаждения земной поверхности и прилегающих к ней слоев воздуха в зимнее время при ясной погоде. Образующиеся в это время нисходящие течения нагреваются на 1° на 100 м опускания и растекаются над застоявшимися холодными массами воздуха. Другой вид инверсии бывает весной, когда теплый ветер вызывает таяние снега. При этом происходит большое поглощение тепла*. Нижние слои воздуха охлаждаются, а над ними появляются притекающие новые массы более теплого воздуха.

Если падение температуры с высотой в поднимающейся массе и окружающем воздухе одинаково, т. е. по 1° на 100 м поднятия, то равновесие будет безразличное. Изменение температуры воздуха на 100 м поднятия называется вертикальным температурным градиентом. Он отрицателен при понижении температуры с поднятием вверх и положителен при инверсии.

Для авиации важны не только атмосферные явления, вызываемые термическими причинами (т. е. восходящие и нисходящие токи, инверсии и пр.), но важна и температура как таковая, поскольку она имеет большое значение как для летной работы, так и для обслуживания самолета.

Т-ры выше 25° — 30° сказываются на чрезмерном нагревании мотора.

В жаркие летние дни мотор чрезмерно греется не только при работе на земле (рулежка и пр.), но и в воздухе. В особенности это обстоятельство имеет значение в штурмовой авиации и на гражданских воздушных линиях, где самолеты обычно летают на малых высотах.

Т-ры от 25° до 5° можно назвать умеренными и не имеющими особого значения для авиации. Переход т-ры через 0° уже отражается на эксплоатации моторов. При небольших морозах особых затруднений в полете не встречается, но уже при —10° работа летнаба с бортовым визиром без маски становится невозможной.

При более низких температурах заправка самолета, запуск мотора, а также длительное пребывание экипажа в воздухе становятся затруднительными.

Т ры ниже—20° крайне стесняют выполнение полетов во всех отношениях, хотя предел возможности лететь гораздо ниже. Ав-

---

* Для того, чтобы расплавить 1 кг льда надо затратить 80 больших калорий.

тору пришлось быть свидетелем полетов при — 44° (на высоте 5000 м, когда на земле было — 22°).

Летчику-наблюдателю важно знать не только температуру воздуха в слое полета, но и так называемую „начальную температуру", т.е. температуру у земной поверхности при взлете. По начальной и высотной температуре вычисляется средняя температура столба воздуха, необходимая для введения поправок в показания высотомеров.

Давление воздуха

Воздух имеет вес 1 куб. м воздуха весит 1,213 кг. На каждый кв. метр земной поверхности на уровне моря при так называемых „нормальных" условиях воздух давит с силой 10.333 кг. Это давление может уравновесить столб ртути высотой 760 мм. Оно называется нормальным давлением, а также атмосферой. Иногда давление выражается не в мм высоты ртутного столба, а в абсолютной системе единиц — в так называемых миллибарах. Один миллибар = 0,001 бара, а бар есть давление в один миллион дин на один кв. см, т. е. 1 мб есть давление в 1000 дин на 1 кв. см. Нормальное давление равно 760 мм ртутного столба и соответствует 1013 миллибар (мб). Однако, в зависимости от различных условий давление воздуха колеблется в некоторых пределах. Крайние отклонения его на земном шаре были зафиксированы 686,2 мм и 808,7 мм.

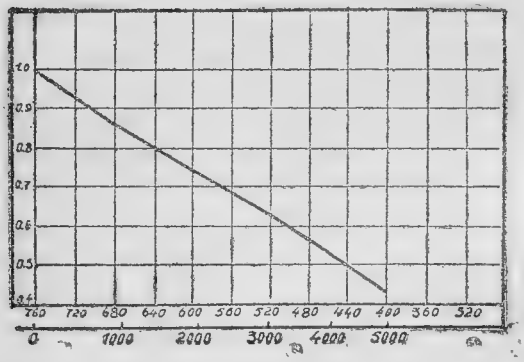


Рис. 1. График падения мощности мотора с высотой

С поднятием над землей давление уменьшается. На высоте 5500 м оно составляет всего около $^1/_2$ атмосферы.

Разреженность атмосферы на высотах сильно сказывается на самочувствии летного состава и на работе мотора. Она обуславливает собой так называемый „потолок" для каждого типа самолета в зависимости от его конструкции и нагрузки. На рис. 1 изображен график падения мощности мотора Либерти с высотой при 1700 об/мин. Из графика видно, что на высоте 3000 м мощность упомянутого мотора падает до 63%, а на высоте 5000 м — до 43% от его мощности у земли.

Плотность воздуха на определенных высотах не остается постоянной. Она меняется в зависимости от колебания атмосферного давления и от распределения температуры. Это обстоя-

тельство заставляет в полете постоянно вводить поправки на плотность воздуха к показаниям высотомеров и указателей воздушной скорости.

Точное знание „начального давления", т. е. давления у земли необходимо каждому летчику—наблюдателю для возможности введения вышеуказанных поправок, оно записывается перед вылетом в бортовой журнал. Знание величины атмосферного давления в определенных пунктах и в определенные сроки необходимо также для целей синоптической метеорологии.

Колебания давления в довольно широких пределах — явление обычное в наших широтах. Оно происходит от взаимодействия воздушных мас с разными температурами и плотностями и связано с изменениями типов погоды*. Однако, и независимо от этого давление имеет некоторый суточный ход с 2 максимумами (около 10 и 22 час.) и 2 минимумами (около 3 и 15 час.).

Если мы рассмотрим распределение давления воздуха на всем земном шаре, то обнаружим существование областей, для которых является типичным недостаток или избыток воздушных масс. Следовательно в этих областях на картах распределения давления воздуха мы увидим соответственно низкое или высокое давление. Некоторые из этих областей сохраняют свой знак в течение всего года (т. е. области высокого или низкого давления остаются таковыми весь год). При этом наблюдаются только их некоторые смещения, а также усиления или ослабления. Сюда относятся Азорский максимум, Исландский минимум. Другие (например, Сибирский максимум) при переходе от зимы к лету изменяют знак, т. е. превращаются из области высокого в область низкого давления. Изменения в положении их интенсивности, происходящие в указанных областях, имеют большое воздействие на состояние погоды даже удаленных от них мест, например, ядро Азорского максимума нередко влияет на погоду СССР**. Поэтому такие области, определяющие собой погоду соседних с ними мест, называются „центрами действия атмосферы".

Влага в атмосфере

Влажность и конденсация. С водных поверхностей, а также с поверхностей суши, особенно покрытых растительностью и лесом, постоянно происходит испарение воды, наделяющее нижние слои атмосферы водяными парами. Скорость испарения растет с температурой воздуха и со скоростью ветра. В воздухе, следовательно, всегда бывает некоторое количество водяных паров. При различных температурах требуется различное количество водяных паров, чтобы насытить ими определенный об'ем

---

* См. раздел „Циркуляция атмосферы".
** См. ниже раздел „Долгосрочные прогнозы".

воздуха. Чем температура выше, тем больше водяных паров может быть воспринято данным об'емом воздуха.

Упругость находящихся в воздухе водяных паров, выраженная в мм ртутного столба (численно почти равная весу водяных паров, находящихся в 1 куб. м воздуха в граммах), называется абсолютной влажностью (e). Однако, абсолютная влажность еще не служит показателем того, насколько сух воздух или, наоборот, как близок он к насыщению водяными парами. Для этого надо знать еще, сколько водяных паров может находиться в воздухе (того же об'ема) при данной температуре. Отношение находящегося в определенном об'еме воздуха количества водяных паров (e) к тому количеству, которое требуется для насыщения того же об'ема воздуха, при той же температуре (E), называется относительной влажностью. Она выражается в процентах и служит показателем насыщения воздуха водяными парами.

С высотой абсолютная влажность уменьшается: на высоте 3000 м она составляет $^1/_4$ земной, а на высоте 5000 м — $^1/_{10}$ земной.

Влажность имеет суточный и годовой ход. Суточный ход абсолютной влажности над морем и над сушей различен. В первом случае он параллелен суточному ходу температуры. Во втором случае, т. е. над сушей (летом), бывает 2 максимума и 2 минимума. Суточный ход относительной влажности обратен температуре.

Годовой ход абсолютной влажности следует за годовыми колебаниями температуры, относительная же влажность имеет максимум зимой и минимум—летом или весной.

Если в воздухе накапливается водяных паров больше чем им может быть воспринято при данной температуре*, то излишек паров конденсируется, т. е. превращается в мельчайшие капельки воды (облака, кроме верхнего яруса, туман, роса) или мельчайшие ледяные кристаллы (облака верхнего яруса, иней). Температура, при которой пары, находящиеся в воздухе, достигают насыщения, называется точкой росы.

Для конденсации водяных паров еще недостаточно полного насыщения воздуха, но требуется еще наличие в воздухе так называемых ядер конденсации. Ими являются: 1) мельчайшие частички пыли, 2) частички, имеющие электрический заряд или ионы, и 3) гигроскопические частицы. В верхних слоях тропосферы, где нет пыли, ядра конденсации могут образовываться из различных примесей, имеющихся в атмосфере, как, например, аммияк, озон и др., под влиянием ультрафиолетовых лучей.

Благодаря конденсации имеющихся в воздухе водяных паров образуются облака, туманы и осадки (к последним причи-

* Это не вполне строго. Конденсация наступает тотчас после насыщения (а иногда даже незадолго до насыщения) только в нижних слоях атмосферы. На уровне перистых облаков конденсация происходит при значительном перенасыщении.

сляются также роса и иней). В виду особенно большого значения, которое имеют для авиации указанные образования, рассмотрение их выделено в самостоятельные разделы. Здесь необходимо, однако, еще кратко затронуть вопрос значения конденсации на хранение и эксплоатацию матчасти ВВС.

Новейшие исследования показали, что при некоторых условиях (определенных колебаниях температуры) дерево может чрезвычайно быстро увлажняться, что при последующих температурных понижениях ниже 0° влечет структурное изменение его клетки. Особенно вредными для дерева являются случаи, когда самолет подвергается повышению температуры с переходом через точку росы. Пусть дерево, из которого изготовлен самолет, охлаждено при полете на некоторой высоте, напр. до 3°, после чего самолет снизился в слой, где температура 14° и абсолютная влажность 9,5 мм (при 79% насыщения). Тогда точка росы, как легко найти по таблицам, будет 10°,5. Температура же самого самолета первое время будет мало отличаться от той, до которой он был охлажден (в данном случае от 3°). Следовательно, она будет значительно ниже точки росы (см. рис. 2), что повлечет конденсацию водяных паров на поверхности всех деталей самолета. Наибольший вред такая конденсация приносит внутри крыльев, где просыхание затруднено. При частом повторении подобного явления может получиться систематическое непросыхание лонжеронов, нервюр и пр. и, следовательно, быстрое их разрушение.

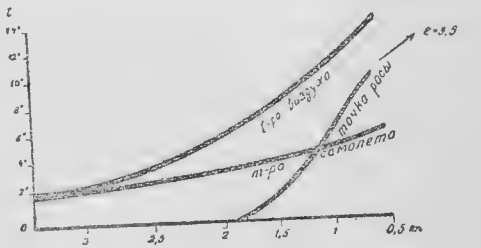


Рис. 2. График, поясняющий отставание температуры самолета от точки росы.

Подобное отставание температуры частей самолета от точки росы может получиться не только при температурных изменениях в полете, но и при стоянке самолетов в ангарах и на складах и в особенности на открытом воздухе. Охлажденный при низких температурах самолет будет при повысившейся температуре окружающего воздуха сравнительно медленно повышать свою температуру.

Опять получится отставание температуры самолета от точки росы и, следовательно, конденсация водяных паров на всех деталях самолета.

С первого взгляда кажется странным, что самолет, попадая в более теплый и не насыщенный водяными парами воздух, сразу увлажняется. Еще более странным кажутся случаи, когда деревянные и металлические части, хранимые в теплом и проветриваемом помещении, становятся влажными. Причина в опи-

санном выше явлении — отставании температуры предметов от точки росы.

Облака представляют собой продукт конденсации находящихся в воздухе водяных паров. Облака имеют огромное значение для летной работы: 1) они ограничивают высоту полета, если требуемая высота полета больше высоты облаков. В этом случае, как говорят, облака „прижимают" самолет; 2) при полете над (сплошными) облаками в значительной мере затрудняется самолетовождение, благодаря невозможности ведения визуальной ориентировки и промера углов сноса. Тем не менее известны случаи полетов за облаками до 5 часов без значительных уклонений от маршрута; 3) полет в облаках затруднителен в отношении техники пилотирования, поскольку человек не имеет возможности оценивать положение самолета относительно горизонта.

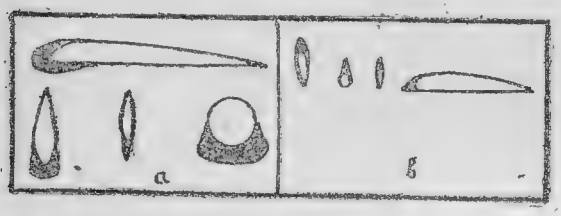


Рис 4. Наросты льда на деталях самолета при обмерзании.

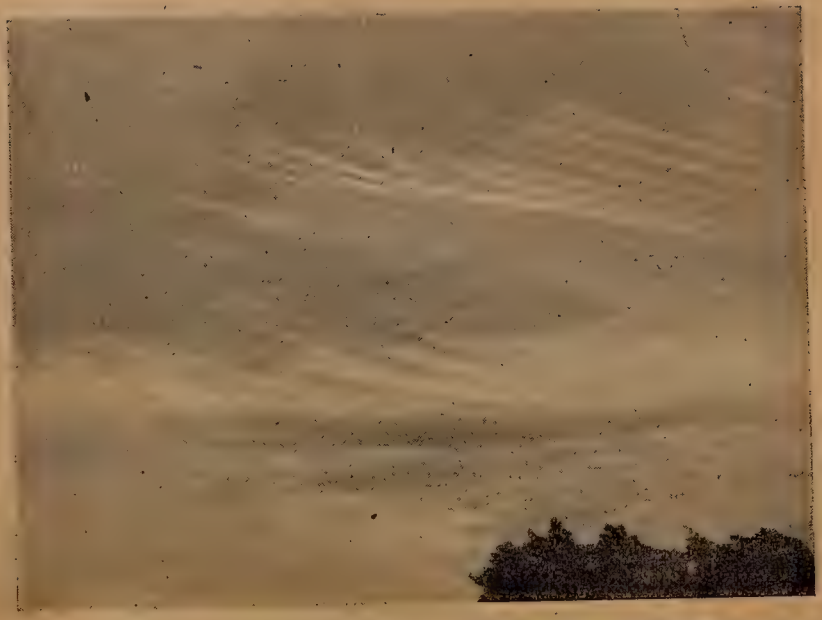
В настоящее время точно установлено, что без участия глаз долго летать невозможно. При полном отсутствии возможности какой бы то ни было информации от органов зрения, летчик быстро теряет значение положения самолета, а вместе с тем и управление им. Наглядным примером потери равновесия являются полеты в облаках летчиков, не имеющих тренировки в пилотаже по приборам. Подобные летчики, как правило, через 2—4 мин. в лучшем случае теряют всякое ощущение положения самолета и выходят из облаков в самых произвольных положениях*. Полет в облаках возможен таким образом только при помощи приборов, предназначенных для слепого полета. Условия полета в облаках в зависимости от характера облачности весьма различны, например слоистые типы облаков спокойны и полет в них наименее затруднителен. Кучевые и грозовые облака, наоборот, крайне неспокойны и для полета небезопасны.

При полете в облаках и тумане кроме того нередко создаются условия весьма благоприятные для обмерзания самолета. Обмерзания бывают следующих типов:

а) Наиболее часто встречающийся и наиболее опасный вид обмерзания—при температуре около 0°. Форма такого обмерзания видна на рис. 4*а*. Ледяной налет замечается прежде всего на передних частях тросов, стоек, крыльев. Образующиеся от обмерзания наросты изменяют профиль крыла и значительно ухудшают аэродинамические качества самолета.

б) Кристаллический, снегообразный налет, который при тем-

* Спирин „Слепые полеты". Гос. Воен. Изд. Москва, 1932.



а) Перистые облака „коготки". Табл. 36 по межд. атласу относятся к группе „а".

б) Грозовое облако. Табл. 5 по межд. атласу, относится к группе „а".

Рис. 3

в) Высоко-кучевые облака просвечивающие. Табл. 23 по межд. атласу обл. относятся к группе „б"—волнистые облака.

г) Высоко-слоистые просвечивающие. Табл. 17 по межд. атл. обл. относятся к группе „в"—вуаль или „завеса".

Рис. 3

пературах около — 10° осаждается в незначительных количествах на лобовых частях стоек и крыльев и при том так остро выдается вперед, что можно не бояться существенного ухудшения аэродинамических качеств самолета (рис. 4 *б*).

в) Третий вид обмерзания вызван наличием больших, охлажденных капель в тумане или облаке. Форма обмерзания аналогична первому виду.

г) Наконец, последний вид обмерзания вызывается „ледяным дождем". Образование стеклообразного льда происходит при попадании самолета в переохлажденный дождь. Подобный ледяной дождь влияет более катастрофически, чем стеклообразная кора первого вида обмерзания, и наблюдается довольно часто. Летчик Чемберлин при третьей попытке побить мировой рекорд продолжительности полета попал в такой дождь, который через короткое время принудил его к посадке. Ледяной покров был толщиною около 20 мм и весом 100 кг.

При благоприятных для обмерзания условиях таковое может произойти довольно быстро. Наблюдались случаи, когда через 30 мин. слой льда достигал толщины 1 см.

Металлические самолеты подвержены обмерзанию в большей степени, чем деревянные.

Нижеследующие таблицы, составленные на основании опытов Слуцкой аэрологической обсерватории, дают понятие о высотах облаков и температурах, наиболее часто вызывающих обмерзание.

Повторяемость высот оснований облаков, вызвавших обмерзание

Высота в м	50 до 100	100 до 200	200 до 400	400 до 600	600 до 800	800 до 1000	1000 до 1500	1500 до 2000	2000 до 2500
% %	1	8	30	27	17	6	6	3	2

Повторяемость распределения температур у основания облаков вызвавших обмерзание

Град. т-ры	— 4° до — 2°	— 2° до — 0°	— 0° до — 2°	— 2° до — 4°	— 4° до — 6°	— 6° до — 8°	— 8° до — 10°	— 10° до — 12°	— 12° до — 16°	— 16° до — 20°
% %	4	10	20	18	16	9	4	5	6	3

Отсюда видно, что наиболее частое обмерзание наблюдается в слое от 200—600 м и при температурах от 0° до — 6°.

Наконец, облака имеют значение в отношении образования тех или иных видов осадков. Таким образом совершенно оче-

Ярус	Высоты	Название	Разновидность	№ табл. по межд. атласу	Усл. знак	Цифра по шкале	Группа
Высокие — Нижнее основание выше 6000 м.	около 9000 м.	Перистые (Ci)	Ci filosus (нитевидные)	33		1,2	б
			Ci uncinus (коготок)	36		4	а
			Ci densus (плотные)	35		3	б
			Ci nothus (неправил)	34		3	б
			Ci полярных полос	37		5	б
				38		6	б
	5000—6000 м.	Перисто-кучевые	(Cicu)	41		9	б
	7000 метров	Перисто-слоистые (Cist)	Cist nebulosus (туманная пелена)	40		8	в
			Cis filo us (нитевидные)	41		7	в
Средние — Нижнее основ. 2000 м, верхнее основание 6000 м.	Пределы 800 — 8000 м, обычно 3000 — 5000 м.	Высоко - кучевые (Acu)	Acu translucidus (просвечивающие)	19		3	б
				25		5	б
				23,24		5	б
			Acu opacus (непр.)	28		7	б
			Acu castellatus (башеннообразные)	29		8	а
			Acu floc us (хлопьевидные)	30		8	а
			Acu duplicatus (двойные)	27			
			Acu lenticularis (чечевицеобразные)	20		4	б
				21,22			б
			Acu cumuligenitus (происходящие из кучевых)	25		6	б

Прогностическое значение	Структура	Характер облака	Какие осадки дает	Мощность
—	Ледяные кристаллы	Отдельные неполные облака волокнистой структуры без собственных теней, обычно белого цвета	Осадков не дают	Очень тонкие облака
Предвещает приближ. циклона				
Характерны для холодн. массы (тылов. частв циклона)				
Приближ. поверхн. восход. скольжения				
Предвещает приближение хол. фронта (внезапные осадки иногда шквалы, похолодание		Мелкие „барашки".		
Указыв. на приближение поверхности восход. скольжен.		Молочная, бледная вуаль без деталей Гало ясно видно		
Указ. на разруш. облач. сист. Бывает над больш. цикл. или окклюзией		Волокнист. вуаль Гало плохо видн.		
Впереди ярко выраженного или затухающ. циклона.	Состоят из очень мелких капелек воды диаметром меньше 0,5 мм.	Слой, состоящий из плоских шаров и валов. Наиболее мелкие части облака, равномерно распределенные, малы и прозрачны, но частично имеют тени.	Осадков не дают	Мощность незначительная, условия полета в них неблагоприятны
Обычно указывают на улучшение погоды				
Предвещают грозу				
Тоже но в меньш. степени				
В центр. части окклюд. циклона или в ослаб. части хорошо выражен. циклона				
В ю. части и впереди циклона				
указыв. на прекр. восх. токов			Днем осадков не быв.	

№

Ярус	Высоты	Название	Разновидность	№ табл. по межд. атласу	Усл. знак	Цифра по шкале	Группа
Средние—нижнее основ. 2000 м. верхнее основ. 6000 м.	3000 м.	Высоко-слоистые (A t)	Ast t an lu id s (просвечивающие)	17		1	в
			Ast opacus (не прозрачные)	18		2	в
	2000 — 2200 м.	Слоисто-дождевые	(Nbst)	18		2	в
Низкие.— Верхняя граница 2000 м	1500—2000	Слоисто-кучевые (Stcu)	Stcu Cumuli genitus . .	7,8		4	б
			Stcu translucidus (просвечивающиеся) .	9		5	б
			Stcu opacus	10		5	б
	Ниже 1000 м.	Слоистые (st)	Обычные st	11		5	б
			Frst (разорвано слоистые)	12		6	б
Облака вертикального развития	Основание 500 м вершина на уровне перистых	Кучевые (Cu)	Cu хорошей погоды .	1		1	а
				13		7	а
			Мощные неспокойные Cu (compos tus) . . .	2		2	а
		Кучево-дождевые (грозовые) (Cunb)	Cunb incus (наковальня) . . .	4		3	а
			Cunb calvus (лысый) .	5		3	а
			Cu b arcus (дуга) . .	16		9	а

Прогностическое значение	Структура	Характер облака	Какие осадки дает	Мощность
Всегда связаны с предстоящим ухудшением погоды (кроме случаев перехода их в Acu)	Смесь капель кристалло- и звездочек (снежинок)	Нижняя граница не имеет определенного очертания	Дают слабый и иногда продолжительный дождь, иногда сильн. снег	Небольшая, иногда достигает нескольких км.
	Смесь мелк. и крупных капель	Однородн. дождев. облачн. слой темносерого цвета	Непрерывн. дождь или снег	Тоже
Характерны для теплых масс	Мелкие капли воды	Слой или гряда из плоских глыб или валов	Значительных осадков не дают	Полет в них спокоен
		Не плотный слой с просветами		
		Слоистые, переходящие в слоисто-кучевые или наоборот		
Характерны для устойчивых масс	Капли диаметром от 0,05 до 0,5 мм.	Однородный, серый, облачный слой	Моросящий дождь или мелкий снег	Небольшая вертикальная мощность. Полет в них спокоен
		Разорванный слой слоистых облаков		
Характерны для неустойчивых воздушных масс	Мелкие капли воды диаметром 0,05 мм	Плотное облако вертикального развития, верхняя часть образует купол. Сторона, обращенная к солнцу, ослепит. белая, основание серое	Осадков не дают	При сильных восходящ. токах вертик. раз ит достигает значительной величины. При дальнейшем развитии переходят в Cunb. Полет в Cu крайне неспокоен, иногда даже опасен
Характерны для неустойчивых воздушных масс	Кристаллы, снежинки, капли	Мощное, плотное, грозовое облако вертикального развития обычно угрожающего вида	Дождь (ливень), град внезапного характера (шауэры)	Полет в Cunb опасен и связан с сильной болтовней самолета

видна необходимость для летного состава уменья разбираться в различных семействах и видах облаков.

По условиям образования облака можно разбить на 3 группы:

Группа „а" — облака восходящих токов, характерны для неустойчивой воздушной массы (кучевые, грозовые, перисто - кучевые, некоторые виды высоко кучевых).

Группа „б" — облака волнистые, характерные для устойчивой массы. Они образуются при медленном натекании влажного воздуха на слабо наклоненную поверхность, при волновом процессе или при ночном выхолаживании (слоистые, слоисто - кучевые, обычные высоко кучевые).

Группа „в" — облака, имеющие вид „завесы" или „вуали" (слоисто - дождевые, высоко - слоистые и перисто - слоистые).

Для авиации наиболее интересна классификация облаков по высотам и по тем свойствам, которые важны для полета. Такую классификацию облаков представляет таблица на стр. 16 — 19.

Туманы так же как и облака, являются результатом конденсации водяных паров, насыщающих некототорое пространство. Туманы — одно из наиболее вредных и опасных для авиации атмосферных явлений. Стремясь пробиться сквозь зону тумана, приходится снижаться до бреющего полета, чтобы хоть смутно различать очертания земной поверхности. При этом имеется большая опасность столкновения с возвышающимися земными предметами.

Возможен, конечно, полет над туманом, но при условии исключительно аэронавигационного самолетовождения. Опасность полета над туманом заключается в отсутствии уверенности, что в пункте посадки тумана не будет. Пробивание же тумана нередко ведет к катастрофе, так как землю удается увидеть в последний момент, когда уже нет возможности выбрать подходящее для посадки место.

Основными типами туманов являются*:

1) туманы, связанные с горизонтальным перемещением воздушных масс (адвективные туманы); при этом могут быть 2 случая: а) перенос теплого воздуха над холодной подстилающей поверхностью например, морской туман, туман тропического воздуха) и б) перенос холодного воздуха над теплой подстилающей поверхностью (например осенние утренние испарения).

2. Туманы, связанные с ночным охлаждением земной поверхности или, как говорят, радиационным выхолаживанием (поземный туман).

3. Фронтальные туманы, т. е. связанные с так называемыми фронтами**.

* Подробная классификация туманов дана в приложении 4,

** Воздушные массы с различными свойствами отделены друг от друга узкими переходными зонами, которые для простоты можно считать поверхностями. Пересечение такой поверхности раздела двух воздушных масс с земной поверхностью дает кривую линию, называемую линией фронта или просто фронтом. Подробно о фронтах см. на стр. 30.

Рассмотрим значение важнейших типов туманов и методы их предсказания.

Морской туман не имеет значения для сухопутной и береговой авиации. С ним придется считаться лишь авиации открытого моря. Морской туман устойчив. Когда он переносится над теплой водой, он медленно рассеивается. Образуется главным образом при закрытом небе.

Туман тропического воздуха — над сушей имеет значение для авиации главным образом зимой. Над морем он образуется как летом, так и зимой, когда он бывает выражен более ярко. Он образуется обычно после долгого переноса тропического воздуха над холодной подстилающей поверхностью. Тропический туман обыкновенно наблюдается при ветрах от свежих до сильных и не бывает слишком плотен. Его сопровождает низкий покров слоистых облаков и моросящий дождь. Этот вид тумана редко продолжается более суток.

Осенние утренние испарения. Значение для авиации имеет незначительное, благодаря местному характеру этого вида тумана. Высота его не превышает 200 м.

Поземный туман — „туман охлаждения", „радиационный туман" — иногда может иметь серьезное значение для авиации. В Западной Европе и САСШ он считается одним из наиболее вредных для сухопутной авиации видов тумана*, благодаря частоте возникновения и зависимости от местных условий.

Над теплыми водными поверхностями наблюдается, наоборот, тумано-рассеивающее действие. Течение реки может быть единственным путем, по которому можно лететь сквозь утренний поземный туман радиационного типа.

Зимой в антициклонах, благодаря сильному охлаждению земной поверхности, он может простираться до 200 м (а по некоторым данным даже до 400 м) хотя надо отметить, что нередко высота его крайне незначительная и на возвышенных местах воздух остается прозрачным. Этот туман непродолжителен. Обычно с восходом солнца он рассеивается. Лишь зимой с наступлением рассвета он усиливается, пока солнце не нагреет достаточно почву и воздух.

Поземный туман чаще всего образуется в низких местностях, на дне долин, в болотистых районах, в местах, покрытых густой растительностью, в местностях, удаленных от моря, в районах, защищенных от ветра.

Особенно часто он бывает в западной половине Европейской части Союза. Характерен для давно образовавшихся антициклонов и наблюдается главным образом осенью и зимой. Летом может образоваться в центральной и тыловой части антициклона. Условия образования: 1) ясное или по крайней мере частично

---

* Виллет. „Туман и мгла". Пер. с английского Изд. Центр. бюро погоды. Москва, 1932.

открытое небо, 2) небольшая скорость ветра (не более 3 м/сек., но не полный штиль) около времени захода солнца, 3) термическая устойчивость и появление поземной инверсии ранним вечером, 4) достаточная абсолютная влажность, на которую указывает осаждение росы ранним вечером.

Туман перед фронтом обычно не продолжителен. Исчезает внезапно (с прохождением фронта). Достигает часто большой густоты, исключая возможность полетов.

Методы предсказания туманов в основном сводятся к следующему.

Для предсказания адвективных туманов (т. е. связанных с горизонтальным перемещением воздуха) надо анализировать следующие три элемента: а) абсолютную влажность — будет ли она увеличиваться (испарение) или уменьшаться (выпадение росы, дождя, снега); б) вертикальный температурный градиент — будет ли увеличиваться (относительное нагревание нижних или относительное охлаждение верхних слоев) или уменьшаться (обратное явление); в) горизонтальный градиент давления* — будет ли увеличиваться или уменьшаться.

Предсказание радиационных туманов построено на учете влияний местных условий на находящуюся в покое воздушную массу. Этими условиями являются достаточная абсолютная влажность, небольшой ветер 2—4 м/сек., ясное или частично открытое небо, степень насыщенности атмосферы гигроскопическими ядрами конденсации.

Конкретно радиационный туман вероятен, когда в 21 ча наблюдается:

а) наличие скорости ветра 2—4 м/сек. (не более),

б) наличие приземной инверсии,

в) ясное небо или неполная высокая облачность,

г) наличие росы на траве (достаточная абсолютная влажность).

Для предсказания поземных туманов применяется график Тэйлора (рис. 5). Пользоваться этим графиком надлежит только в случаях, когда имеются на лицо перечисленные выше условия.

Сущность метода Тэйлора заключается в следующем: для каждого данного пункта предварительно вычерчивается график на основании многочисленных наблюдений в данном пункте туманов. Для каждого случая тумана по координатам наносится точка, а именно по абсциссе берется температура, а по ординате — разность температур сухого и смоченного термометра в 21 час. Затем прямой линией отчерчивается область (x), где лежат все нанесенные точки, от области (y), где нет этих точек (см. рис. 5). Когда предполагают возможность поземного тумана

---

* Горизонтальным градиентом давления называется изменение давления на единицу расстояния (длину 1° меридиана, т. е. 111 км), считая по направлению нормали к изобаре в сторону убывающего давления.

(т. е., когда имеют место перечисленные выше условия), то по данным вечернего срочного метеонаблюдения прикидывают, ляжет ли точка под чертой графика (т. е. в области точек) или поверх черты. В первом случае следует ожидать тумана.

Предсказание фронтальных туманов практически возможно в тех случаях, когда таковые видны на синоптической карте. В этом случае дело сводится к расчету перемещения фронта и зоны туманов с учетом возможного изменения масс под влиянием подстилающей поверхности. Предсказание же фронтального тумана, которого еще нет на карте погоды, очень затруднительно.

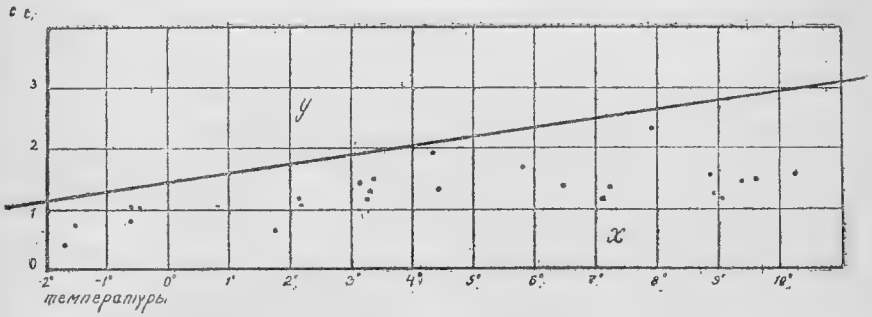


Рис. 5. График Тэйлора

Осадки. Конденсация водяного пара, как было сказано выше, обычно вызывает образование облаков, которые представляют собой скопление очень малых капелек. Они опускаются чрезвычайно медленно, а иногда даже увлекаются восходящими токами вверх.

Лишь при определенном увеличении размеров, вес капелек значительно увеличивается, образуются осадки. Род осадков зависит от температуры. При температуре выше 0° образуется дождь, а ниже 0° твердые виды осадков: снег, крупа, град и ледяные иглы.

Дожди различают следующих видов: а) внезапные сильные (иногда доходящие до ливней), но непродолжительные дожди, так называемые шауэры (▽); б) ровные обложные, так называемые фронтальные дожди (:); в) моросящие дожди, так называемые „низели"; г) обычные незначительные дожди (.).

Для авиации осадки имеют значение с точки зрения: 1) влияния на полет, 2) на состояние аэродромов и 3) на состояние земной поверхности в смысле степени трудности ориентирования.

Полет как в дождь, так и в снегопад, возможен, но труден. При этом каждый тип дождя (снегопад) влечет затруднения в различных отношениях: шауэры средней силы летом, т. е. в виде дождя, особой неприятности не приносят. Самолет быстро пересекает небольшие районы этих дождей. Хуже в шауэрах зимой, когда требуется хорошая штурманская подготовка летнаба.

Ливни, связанные часто с грозами крайне, неприятны. Благодаря своей интенсивности и в связи с сильной турбулентностью воздуха почти полному отсутствию видимости они представляют собой тяжелые условия для штурманской и прочей работы летнаба. Обложные дожди неприятны своей значительной протяженностью (300 — 400 км). Визуальная ориентировка в них обычно почти невозможна.

Обычные, умеренные дожди особого значения не имеют. Не имеют значения и дожди из Ast, не доходящие до земли.

Низели связаны с малыми (до бреющего полета) высотами и очень плохой видимостью.

Продолжительный или очень интенсивный дождь нередко приводит аэродром в негодность. К сожалению, достаточного материала о том, какой именно дождь (сколько именно осадков), какой продолжительности и как он сказывается на состоянии аэродрома, — не имеется. Конечно, тут имеют большое значение не только сами осадки, но также и другие условия: почва, скаты. Но все же можно в общем считать, что осадки до 5 мм в сутки особого влияния на состояние аэродромов не оказывают. Осадки 15 — 20 мм в сутки делают часто аэродром негодным для полетов на 1 — 2 суток и более.

В зимнее время большое значение имеет толщина и плотность снегового покрова. От этих факторов зависит возможность полетов на лыжах. Рыхлый и мокрый снег, прилипая к лыжам, затрудняет взлет, иногда делая его невозможным.

От количества и характера выпадающих в зимнее время осадков зависит в з ачительной степени общий вид местности, которая иногда меняется до неузнаваемости, а, следовательно, сильно затрудняется ориентировка.

Циркуляция атмосферы

Ветер. Окружающая земной шар атмосфера не находится в состоянии покоя. Выше было уже рассмотрено, что под влиянием сильного нагревания земной поверхности образуются так называемые конвективные (восходящие и нисходящие) токи. Неодинаковое нагревание солнечными лучами земной поверхности, кроме вертикального движения воздуха, вызывает его перемещение и в горизонтальном направлении. Это горизонтальное движение воздуха называется ветром, который содержит в себе три понятия: направление, скорость и структуру.

Направление ветра в метеорологии обозначается той стороной горизонта, откуда дует ветер. Оно выражается в румбах или в градусах, считая от севера по часовой стрелке (т. н. азимут). Основных румбов 8: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ. Но часто для большей точности обозначают ветер по 16 румбам. Выражение ветра в румбах достаточно для общего суждения о его направлении. Когда же направление ветра кладется в основу

каких-либо расчетов (расчет курса следования самолета, поправка на ветер при артстрельбе), необходимо выражать направление ветра в градусах.

Все военные и гражданские метеостанции всегда дают летному составу направление ветра, *откуда* дует („метеорологический ветер"). Для штурманских же расчетов необходим так называемый „аэронавигационный" ветер (куда дует). Поэтому летчиком-наблюдателем производится всегда перерасчет первого во второй путем прибавления или вычитания 180°. При определении ветра в воздухе летчиком-наблюдателем благодаря соответствующей установке данных на ветрочете сразу получается „аэронавигационный ветер".

Следующая табличка дает соотношение румбов, градусов и обозначения румбов в метеорологических телеграммах.

Обозначение румбов		Градусы	Обозначение по коду	Обозначение румбов		Градусы	Обозначение по коду
Русское	Латин.			Русские	Латин.		
С	N	0	32	Ю	S	180	16
ССВ	NNE	22,5	02	ЮЮЗ	SSW	202,5	18
СВ	NE	45	04	ЮЗ	SW	225	20
ВСВ	ENE	67,5	06	ЗЮЗ	WSW	247,5	22
В	E	90	08	З	W	270	24
ВЮВ	ESE	112,5	10	ЗСЗ	WNW	292,5	26
ЮВ	SE	135	12	СЗ	NW	315	28
ЮЮВ	SSE	157,5	14	ССЗ	NNW	337,5	30

Скорость ветра выражается в метрах в секунду. Для летной практики м/сек. переводятся умножением на 3.6 в км/час. В морской практике принято выражать скорость ветра по так называемой шкале Бофорта. В приложении первом сопоставлены скорости ветра в м/сек., км/час. и баллах Бофорта. Кроме направления и скорости ветра большое значение имеет еще структура ветра. Он может быть ровным, порывистым, шквалистым.

Сильные ветры, имеющие иногда разрушительное действие (свыше 15 м/сек.), называются бурями. Бури могут иметь значение не только для самолетов, находящихся в воздухе, но и для стоящих на земле, хотя бы и привязанных к штопорам.

Еще более опасными чем бури являются шквалы благодаря своей внезапности и силе. Во время империалистической войны автор был свидетелем того, как внезапно налетевшим шквалом в несколько минут было поломано 11 четырех моторных самолетов „Илья Муромец", стоявших в палатках. Другой характерный факт: крыло большого пассажирского самолета, лежавшее после ремонта вблизи ангара, было ночью внезапно налетевшим шква-

лом унесено на расстояние нескольких сот метров. На другой день вызванный взвод красноармейцев с трудом притащил изуродованное крыло обратно.

С высотой обычно меняется как направление, так и скорость ветра. Последняя обычно с высотой возрастает.

Для авиации ветер является одним из наиболее существенных элементов. Движение самолета происходит, как известно, по диагонали параллелограмма, построенного на векторах* воздушной скорости и скорости ветра.

Таким образом благодаря ветру самолет никогда не движется по направлению своей продольной оси, но отклоняется от этого направления на угол сноса. В зависимости от направления и скорости ветра путевая скорость самолета (относительно земли) может меняться в очень широких пределах и быть иногда значительно больше или меньше его воздушной скорости (относительно воздуха). Например, при заданном путевом угле 272° самолет с крейсерской воздушной скоростью 160 км/час. при попутно-боковом ветре (63° откуда дует) 14 м/сек. будет иметь путевую скорость 200 км/час. При встречном же ветре (275° откуда дует) 16 м/сек., путевая скорость будет всего 100 км/час.

В зависимости же от путевой скорости будет значительно меняться и радиус действия.

Практическое значение учета ветра видно из следующего примера: весной 1933 г. автору пришлось совершить перелет на расстояние около 1000 км. Сильные встречные ветры на всем пути, как показал сделанный предварительный расчет, должны были увеличить продолжительность полета до 9 часов. По данным службы погоды на следующий день в связи с продвижением циклона ветер должен был на значительной части маршрута измениться на попутно-боковой. На следующий день полет действительно был совершен при попутно-боковых ветрах за 5 ч. 20 м.

Что касается влияния скорости ветра на технику полета, то надо отметить следующее: 1) безветрие или очень слабый ветер неблагоприятен для взлета и посадки, удлиняя разбег перед взлетом и пробег после посадки. Это в особенности имеет значение при ограниченной площади аэродрома. Свежий ветер, в особенности порывистый, затрудняет рулежку и посадку. В самом полете даже сильный, но ровный ветер особой опасности и затруднений в управлении самолетом не вызывает. Порывистый ветер порядка 14 м/сек. и более создает „болтовню“, утомляя летчика и мешая работе летнаба и вообще делая полет неприятным. Встречный ветер в этом отношении значительно хуже попутного.

---

* Вектор — отрезок прямой, характеризующий ее величину (в масштабе) и направление.

Надо еще добавить, что ветер обуславливает направление взлета и посадки (как правило—против ветра).

Общая циркуляция атмосферы. Мы привыкли к тому, что ветер часто меняет направление и скорость, не являясь сколько-нибудь постоянным элементом. Однако, это не везде и не всегда так. Существуют большие пространства на поверхности земного шара, где ветры дуют с большой правильностью и однообразием.

Поверхность земного шара нагревается солнцем не одинаково, что создает постоянный кругооборот движения атмосферы.

На первый взгляд должно было бы казаться, что теплый воздух экваториальной зоны, поднимаясь, должен вверху растекаться к полюсам (благодаря наличию в верхних слоях тропосферы градиента давления, направленного от экватора к полюсам). У полюсов холодный, плотный воздух, наоборот, должен опускаться и растекаться у земли по разным направлениям к экватору.

Таким образом можно было бы ожидать очень простой и правильной циркуляции*.

На самом деле вращение земли приводит к более сложной циркуляции.

На высотах больших 4 км давление убывает от экватора к полюсам, в каковом направлении и создается поток воздуха. Этот поток под влиянием вращения земли преобразуется в противоположный пассату — ЮЗ ветер так называемый антипассат. Однако, последний не может дойти до полюса. Приобретая значительную западную слагающую, он превращается в поток (на широте 40°), идущий с запада на восток, затрудняя продвижение к полюсу воздушных масс и вызывая их накопление под широтой 30 — 40°.

Такому накоплению способствует и „недостаток места" (пространство, заполняемое воздухом, по мере приближения к полюсу уменьшается, так как меридианы по мере приближения к полюсу сближаются).

Не имея возможности продвигаться к полюсу, воздух опускается и оттекает к экватору в виде равномерно дующих СВ ветров, так называемых пассатов. Таким образом мы видим замкнутую циркуляцию между экватором и средними широтами.

Однако, опускающийся в средних широтах воздух оттекает не только к экватору, но и к полюсу в виде теплого ЮЗ течения. Это течение, однако, как увидим дальше, до полюса не доходит.

Область вблизи полюса в верхних слоях имеет благодаря низким температурам пониженное давление, благодаря чему вверху имеется поток к полюсу. Накопление же воздуха у по-

* Схема общей циркуляции вообще не представляет какой-либо устойчивой, стационарной картины, но дает лишь представление о некотором среднем распределении переноса воздушных масс. Фактическое же распределение таковых в каждый данный момент может сильно отличаться о приведенной схемы.

люса влечет повышение давления у земли и отток воздуха в виде СВ холодного течения.

На широте 60 — 70° происходит встреча теплого ЮЗ и холодного СВ потоков, что и является одной из причин, искажающих в средних широтах правильность циркуляции атмосферы.

Изложенная схема циркуляции представлена на рис. 6, где изображено только северное полушарие*.

Воздушные массы. При рассмотрении общей циркуляции атмосферы мы видели, что вся тропосфера состоит из разнородных и сильно отличающихся друг от друга по своим свойствам воздушных масс.

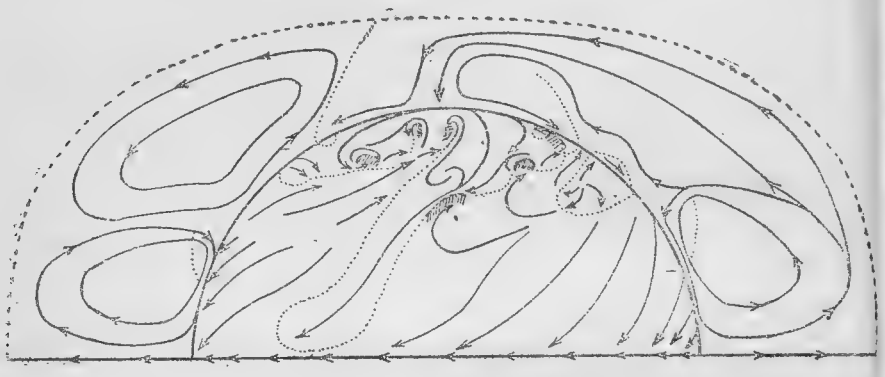


Рис. 6. Циркуляция атмосферы

Воздушная масса (ВМ) — одно из самых основных понятий современной метеорологии. В противоположность прежним представлениям метеорологии, когда считали, что погода главным образом зависит от барического рельефа**, согласно новой метеорологии, погода обуславливается прежде всего воздушными массами, их происхождением, движением и совершающимися в них процессами. Воздушные массы имеют отличное друг от друга распределение метеорологических элементов и обладают различными свойствами. Последнее зависит от происхождения воздушных масс и их „жизненного пути". Воздушные массы образуются в различных районах под влиянием существующих в этих районах условий. Такими „очагами" образования воздушных масс являются обширные области повышенного давления (антициклоны). При движении из области своего формирования ВМ подвергаются различным изменяющим воздействиям: нагреванию, охлаждению, запылению, притоку влаги.

---

* Недавно известным Норвежским метеорологом Бержероном была предложена еще более детальная схема общей циркуляции, состоящая из 5 отдельных замкнутых колец циркуляции. Однако в самое последнее время эта схема вызвала ряд возражений.

** Т. е. циклонов, антициклонов и других барических систем.

Воздушные массы можно классифицировать по 2 признакам:

1) По свойству массы в данный момент. По этому признаку различают массы неустойчивые (холодные) и устойчивые (теплые).

В первом случае холодный воздух, протекая над более теплой подстилающей поверхностью (сушей или морем), получает от последней приток теплой энергии и начинает в нижнем слое нагреваться. Образуются конвективные токи, а, следовательно, кучевая и грозовая облачность, внезапные проходящие осадки, иногда грозы и порывистые, доходящие до шквалов ветры.

Во втором случае теплый воздух, протекая над холодной подстилающей поверхностью, охлаждается в нижнем слое, что ведет к медленному падению температуры с высотой или даже к образованию инверсии. Такая масса характерна слоистыми облаками и моросящими осадками. Устойчивая ночью масса днем благодаря нагреванию может стать неустойчивой.

2) По географическому происхождению массы. В этом случае различают:

а) Тропический воздух (ТВ), формирующийся в Азорском антициклоне с сухим нисходящим воздухом. Он приходит в наши широты с высокой температурой, большой засоренностью пылью, приобретая здесь типичную устойчивость. Однако, „у себя дома", т. е. в очаге своего развития, он неустойчив, так как несмотря на высокую температуру, он все же холоднее сильно нагретой подстилающей поверхности.

б) Арктический воздух (АВ), формирующийся в областях арктики. Отличительные черты арктической массы — низкая температура, сухость, прозрачность. Летчикам должно быть хорошо известно, какой хрустальной чистотой обладает воздух при весенних возвратах холодов, которые обычно бывают связаны с вторжением на нашу территорию арктических воздушных масс.

В наших широтах весною, летом и осенью АВ неустойчив, благодаря нагреванию снизу от более теплой подстилающей поверхности. Зимой же, а также в очаге своего формирования, он устойчив, так как несмотря на свою низкую температуру, он все же теплее сильно охлажденной подстилающей поверхности.

в) Полярный воздух. Между теплым, влажным и мутным тропическим воздухом и холодным, сухим, прозрачным арктическим воздухом находится зона промежуточного, так называемого полярного воздуха (вернее его было бы назвать субполярным или воздухом умеренных широт). Полярному воздуху не присущи резкие характерные признаки. Различают две разновидности полярного воздуха: континентальный полярный воздух, который устойчив зимой и ночью, и морской полярный воздух, который, наоборот, (над морем) неустойчив зимой. Однако к нам МПВ обычно приходит зимой охлажденным в нижнем слое и, следовательно, более или менее устойчивым. Летом над сушей он получает дополнительный нагрев и может стать неустойчивым.

Следующая табличка дает наглядное представление о свойстве различных воздушных масс, что особенно важно летному составу:

	В очаге формирования	В Европейской части СССР							
		Весна		Лето		Осень		Зима	
		Ночью	Днем	Ночью	Днем	Ночью	Днем	Ночью	Днем
Тропический	Н	У	У	У	У/Н	У	У	У	У
Полярный Континентальный	—	У/Н	У,Н	У/Н	Н	Н	Н	У	У
Полярный Морской	—	Н	Н	Н	Н	У/Н	Н	У/Н	У/Н
Арктический	У	Н	Н	х	х	Н	Н	У	У

Эту таблицу не надо понимать так, что указанные в ней свойства ВМ обязательны. Здесь имеются в виду характерные случаи. В отношении КПВ и МПВ считается, что имеется налицо достаточная влажность.

Взаимодействие воздушных масс. Выше указывалось, что погода обуславливается наличием в данном месте той или иной воздушной массы и теми процессами, которые в ней происходят. К этому надо добавить, что влияющим на погоду фактором является не только воздушная масса сама по себе, а также и взаимодействие различных воздушных масс, к рассмотрению которого сейчас и перейдем.

Тропосфера состоит из различных масс воздуха: экваториального воздуха между 0° и 30° СШ* тропического воздуха между 30° СШ и 45° СШ**, полярного воздуха, представляющего собой как бы буфер между ТВ и АВ и расположенного между 45° и 65-70°, арктического воздуха (к северу от 70° СШ). На рис. 6. ясно видны два раздела между различными воздушными массами. Одна поверхность раздела — между ТВ и ПВ, другая—между ПВ и АВ.

Обе поверхности раздела наклонены под очень небольшим углом в сторону более холодного воздуха***. Пересечения каждой из этих поверхностей раздела с земной поверхностью представляет собой (обычно кривую) линию. Эта линия (в действительности полоса шириной от нескольких км до нескольких десятков км) называется фронтом.

Между ТВ и ПВ проходит так называемый полярный фронт, а между ПВ и АВ — арктический фронт.

Фронты редко двигаются без изменения своего профиля. Они обыкновенно изменяются либо благодаря влиянию рельефа местности, либо благодаря процессам, происходящим в массах,

---

* На схеме наклон во много раз преувеличен.
** Здесь рассматривается только сев. полушарие.
*** С конца июня до начало августа обычно не наблюдается.

Рис. 7. Стадии жизни циклона

отделенных фронтальными поверхностями — при этом иногда случается, что АВ проникает далеко к югу, а ТВ—далеко к северу. Изменяемость фронтов влечет за собой и характерные изменения погоды.

Процесс развития циклонического вихря на поверхности раздела двух потоков различных плотностей и температур и движущихся в противоположных направлениях происходит следующим образом:

Представим себе два потока воздуха, направленных параллельно, но в противоположные стороны (рис. 7 *а*). Поскольку эти потоки имеют разные температуры, а, следовательно, и разные плотности воздуха, на поверхности их раздела должно получиться волновое возмущение*.

Этим обуславливается образование волны на линии фронта (образование изгиба, рис. 7 *б*). А это в свою очередь может при наличии соответствующей температуры и влажности повлечь понижение давления у вершины волны. На рис. 7 *б* видны изобары (линии, соединяющие места с одинаковым давлением воздуха): внутри 1010 мб и далее от вершины волны 1015 мб.

Это — первая стадия циклона.

В этой стадии циклон еще не является вихрем в динамическом смысле слова, (волновая стадия циклона).

Однако, образовавшаяся волна, быстро перемещаясь в общем направлении обычно к востоку, в тоже время деформируется. Язык теплого воздуха глубже вдается к северу. Образовывается хорошо обрисованный теплый сектор циклона (рис. 7 *в*) Влажный теплый воздух теплого сектора, проходя над более холодной подстилающей поверхностью, дает низкую слоистую или дождевую облачность, туманы, моросящие осадки и плохую видимость. В передней части теплого сектора теплый воздух натекает на более холодный и плотный воздух, находящиеся в нем водяные пары сгущаются и образуют дождевые облака и дожди обложного типа. Та часть полярного или арктического фронта, где происходит такое натекание, называется теплым фронтом. При этом в теплом воздухе происходит конденсация водяных паров и образуется сплошной покров дождевых облаков. Они дают облажные „фронтальные“ осадки в полосе шириной около 300 км летом и около 400 км зимой. Далее эти облака, как видно на вертикальном разрезе идеального циклона (рис. 7 *в*, разрез) становятся менее плотными и более высокими (Stcu). Еще далее от линии фронта они имеют форму высоко-слоистых, перисто-слоистых и, наконец, перистые облака являются первым предвестником приближающегося теплого фронта.

Другая часть фронта, ограничивающая теплый сектор слева, называется холодным фронтом. У холодного фронта более плот-

* Как известно из физики, при скольжении менее плотной среды вдоль более плотной образуются волны, примером чему служат волны на водной поверхности.

ные воздушные массы подтекают под теплые и вытесняют бурно последние вверх. Образуются кучевые[2] или грозовые облака, осадки внезапного типа непродолжительные, но резкие и повторяющиеся („шауэры"), иногда сопровождаемые грозами фронтального типа. Ширина зоны этих осадков обычно около 70 км. Это стадия полного развития циклона. Здесь мы видим хорошо обрисованное вихревое движение воздуха, а именно — против часовой стрелки и с завихрением к центру (рис. 7 *в*, план)

Таким образом центр циклона является так называемой точкой сходимости линий токов, т. е. воображаемых путей воздушных масс в нижнем слое циклона, а фронты являются также линиями сходимости линий токов. Поэтому — резкое изменение направления ветра при прохождении фронта (см. ниже „типы погоды").

Циклон, следовательно,—область с пониженным в центре давлением и такой системой ветров, где ярко выражена сходимость линий токов. Вместе с тем это область восходящего движения воздуха, а, следовательно, обычно область дождей низкой облачности и свежих ветров. Характер облачности, осадков, ветров и других явлений, как указано выше, различен в разных частях циклона.

Далее происходит сужение теплого сектора. Холодный фронт, двигаясь быстрее теплого, нагоняет последний постепенно (рис. 7 *г*). Наконец, в следующей заключительной стадии жизни циклона мы видим, что холодный и теплый фронты слились. Теплого сектора нет больше у поверхности земли, где осталась только одна холодная масса. Однако, нахождение этой холодной массы в различных условиях в период, когда она была раз'единена теплым сектором, привело к тому, что полной однородности в ней все же нет. На карте можно проследить разрыв температур и ветров, а, следовательно, должна быть обозначена линия раздела двух оттенков этой массы, т. е. линия фронта окклюзии (рис. 7 *д*).

После того, как холодный фронт догнал теплый, он начинает его „перегонять". Теплый воздух окончательно отрывается от земли. Кроме фронта окклюзии, лежащего у земли, мы видим теперь еще один, так называемый верхний фронт (рис. 7 *е*, *ж*), представляющий собой как бы дно жолоба, наполненного вытесненным вверх теплым воздухом.

При этом может быть два случая: 1) $ПВ_2$ теплее $ПВ_1$—тогда мы имеем фронт окклюзии по типу теплого фронта (рис. 7 *е*) и 2) $ПВ_2$ холоднее $ПВ_1$ — это фронт окклюзии по типу холодного фронта (рис. 7 *ж*).

Прохождение всякого фронта характеризуется, следовательно, более или менее резкими изменениями или, как говорят, „разрывами" всех метеорологических элементов (кроме давления).

---

* Это так называемые динамические кучевые облака, которые не надо смешивать с „кучевыми облаками хорошей погоды", образующиеся в результате восходящих токов.

Подробно условия погоды при прохождении фронтов будут рассмотрены в разделе службы погоды.

В стадии окклюзии циклон, как указано выше, имеет замкнутое вихревое движение холодного воздуха. Доступ теплого воздуха прекращен, а вместе с тем утрачен источник энергии (контраст температур). Циклон начинает затухать, движение его замедляется. Наконец, циклон заканчивает свое существование, продолжающееся обычно 4—5 дней.

Циклоны перемещаются обычно в общем направлении с запада на восток, хотя в зависимости от различных условий пути их довольно сложны и разнообразны. Бывают, хотя и редко, случаи движения циклонов в обратном направлении.

Циклоны—системы подвижные. Источником их кинетической энергии является контраст температур. Чем более сглаживается этот контраст, тем медленнее двигается циклон и, наконец, с исчезновением этого контраста циклон переходит в стадию вихря и прекращает свое существование. В некоторых случаях стадия окклюзии дает, однако, импульс к образованию нового циклона, когда севернее затухающего циклона имеется другой,—затухший циклон, холодный воздух которого проникает в тыл первого.

Волновой циклон обычно перемещается со скоростью около 900 км в сутки, вихревой циклон — около 700 км в сутки и циклон в стадии окклюзии — около 200—300 км в сутки. В некоторых случаях бывают так называемые стационарные циклоны, которые очень медленно смещаются или даже почти стоят на месте в течение 2—3 суток, после чего обычно заполняются.

Циклоны перемещаются часто не в одиночку, а сериями по 3—4 подряд. При этом центр каждого следующего члена этого „семейства" циклонов проходит южнее предыдущего.

Возмущение на полярном фронте, связанное с прорывами тропического воздуха к северу, выражаются преимущественно в виде рассмотренных выше циклонов. Иначе обстоит дело на арктическом фронте, где наблюдаемые возмущения носят характер (иногда очень глубоких) прорывов холодного, сухого, арктического воздуха к югу. Это связано с захолаживаниями и образованием движущихся холодных антициклонов. Такие антициклоны являются причиной весеннего возврата холодов, гибельно отражающихся на растительности.

Антициклоны представляют собой противоположные циклонам барические системы. Давление воздуха в них понижается по мере удаления от центра к периферии. Ветры в антициклонах слабые, дуют по часовой стрелке и расходятся несколько от центра. Вследствие этого в центральной части антициклона наблюдается нисходящее течение воздуха, обуславливающее обычно ясную, сухую погоду. Опускание воздуха и расходимость линий токов является причиной отсутствия фронтов. В антициклоне летом ночью прохладно, ясно и тихо. По мере нагревания земной поверхности после восхода солнца появляются конвекти-

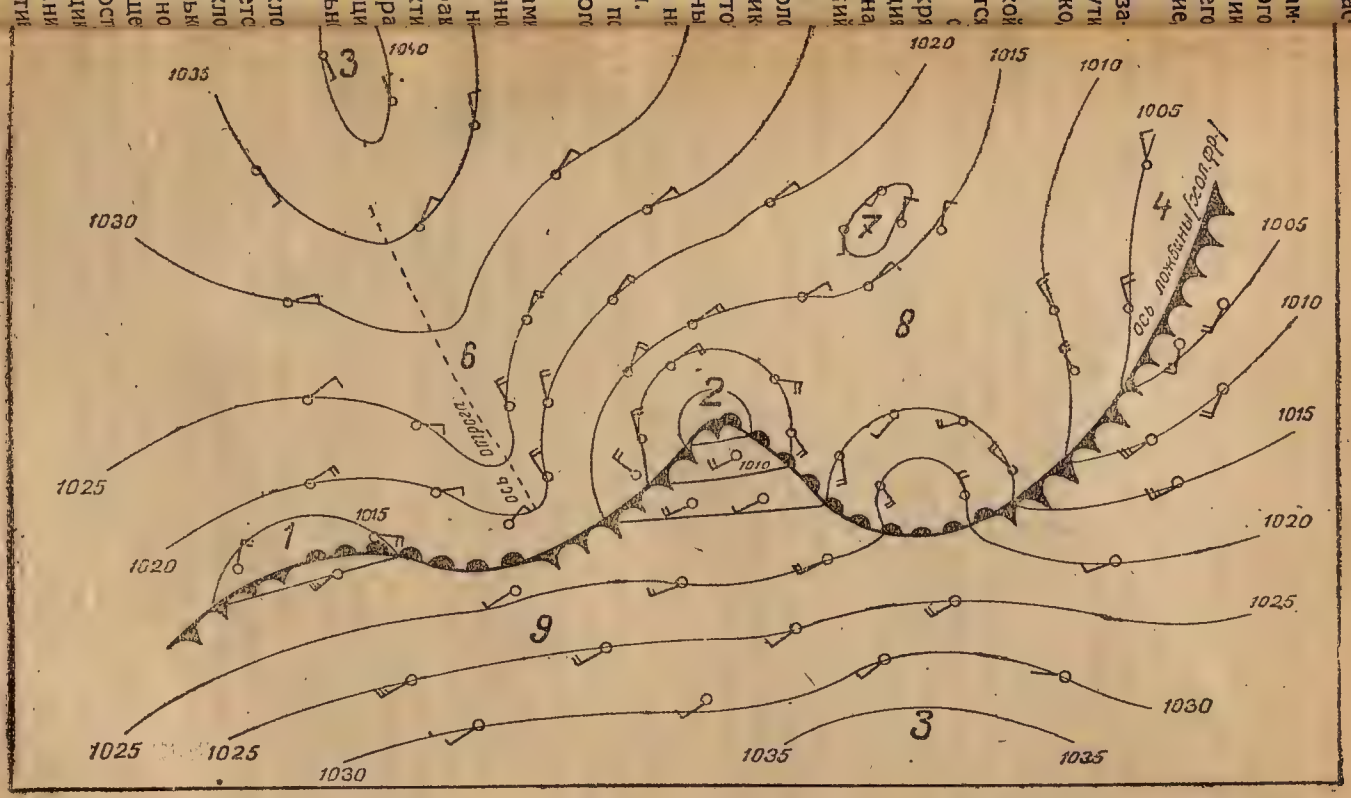


Рис. 8. Вторичные барические системы
1. Зарождающийся циклон. 2. Развитой циклон. 3. Антициклон. 4. Ложбина. 6. Отрог повышенного давления. 7. Частный максимум. 8. Седловина. 9. Прямолинейные изобары.

ные токи и связанная с ними кучевая облачность. К 13—14
сам она часто покрывает большую часть неба, но это не яв
ся признаком ухудшения погоды. К вечеру по мере остыв
земной поверхности конвективные токи затухают, а вместе с
исчезают постепенно кучевые облака.

Зимой в антициклонах ясная погода сопровождается с
ными морозами. Антициклоны — системы значительно менее
движные и более устойчивые, чем циклоны. Нередко анти
лон стоит длительное время (10—15 дней и более) почти
месте или смещается очень медленно.

Возмущения на арктическом и полярном фронте прив
как мы видели, к образованию циклонов и антициклонов, н
ваемых главными барическими системами. Наряду с этими г
ными барическими системами на картах погоды постоянно в
чаются так называемые вторичные барические системы, хор
видные на рис. 8, а именно:

Ложбины (*4*), характерные сходимостью линий токов в
оси, а, следовательно, восхождением воздушных масс. Поэ
тип погоды в ложбине приближается к типу погоды цик
В ложбинах обычно наблюдается значительное усиление вет
шквалы, грозы (ось ложбины — линия шквалов). Ложбины
гают циклон против часовой стрелки.

Частные циклоны * имеют погоду, схожую с пог
основных циклонов, но с более резкими и быстрыми измене
ми. Они обегают основной циклон против часовой стрелки.

Отроги повышенного давления (*6*) наблюдаются
окраинах антициклонов. Ось отрога является линией рас
мости линий токов, а потому вдоль оси отрога имеет м
опускание воздушных масс. В первой части отрога погода о
но антициклонного типа, в тыловой части начинается в
ухудшение погоды. Вдоль оси отрогов бывают слабые в
неустойчивого направления и частые туманы. На периф
усиление ветра. Отроги обегают антициклоны по часовой с
ке. Иногда отрог имеет форму клина и называется бариче
клином или гребнем.

Ядра повышенного давления (*7*) отличаются
циклональным характером погоды. Они обегают антицикло
часовой стрелке.

Седла (*8*)—области между двумя циклонами и двумя
циклонами. Центр седла представляет собой „нейтральную
ку" в смысле сходимости линий токов. Седло отличается сл
ми ветрами неустойчивых направлений, неустойчивой пог
и туманами.

Прямолинейные изобары (*9*) иногда охваты
большие пространства. Направление ветров и вообще хар
погоды в них носит однообразный характер. Иногда набл
ются сильные ветры.

* На рис. 8 не показан.

Грозовые явления

Грозы представляют собой атмосферные явления, характеризуемые вихревыми движениями и электрическими разрядами — молнией и громом*. Образование гроз начинается с увеличения кучевых облаков, которые при некоторых условиях, развиваясь особенно мощно, переходят в грозовые облака.

Условия эти следующие: 1) сильные восходящие токи от нагрева земной поверхности или быстрого падения температуры с высотой, 2) значительная влажность и 3) надлежащее распределение влажности в облаке.

Грозовое облако имеет обычно плоское основание, вершина же его достигает значительных высот: 4000 — 5000 м, а иногда 8000 м и больше.

В настоящее время считается бесспорным, что в процессе образования движения облаков лежит первопричина электрических явлений гроз. Механизм гроз сводится к электризации вследствие разбрызгивания капель, образующихся при конденсации водяных паров в восходящем токе скоростью в 8 м/сек. и более. Вместе с этим необходимым условием для гроз является также наличие порывистости ветра и существование в атмосфере мелких вихревых движений.

По указанным причинам облачные массы в целом оказываются заряженными положительным и отрицательным электричеством. Эти заряды можно рассматривать как бы сконцентрированными в различных частях облаков. Они вызывают заряды обратных знаков на поверхности земли. Электрические заряды разных знаков стремятся соединиться, получаются разряды, которые происходят по следующим направлениям: 1) между землей и нижней поверхностью облаков, 2) между землей и верхней поверхностью облаков, 3) между нижней поверхностью одного облака и верхней поверхностью другого, 4) между верхними заряженными частями облака и верхними слоями атмосферы.

Грозы разделяются на две группы: 1) грозы тепла и 2) грозы холода или так называемые „фронтальные грозы". Первые вызываются сильными восходящими токами. Они непродолжительны, носят местный характер и после грозы теплая погода в общем такая же, как и до нее. Грозы холода, наоборот, являются результатом подтекания холодных масс воздуха под теплые и вытеснения последних холодными массами кверху, что и дает грозовые явления. Грозы холода имеют обычно большое протяжение в ширину (по фронту). Часто они идут несколькими грядами одна за другой. Эти грозы сопровождаются резкими изменениями погоды (прохождение холодного фронта). Соответственно этому грозы тепла не являются серьезным препятствием для авиации. Их можно обойти или переждать. Грозы холода, наоборот, могут

---

* А. Кулаков. Гроза, град и защита от них. ГИЗ Москва, 1929 г.

помешать выполнению задания, заставить вернуться или произв
сти вынужденную посадку. Сфера грозовой деятельности всег
сопряжена со значительной турбулентностью атмосферы, и превел
ставляет большое неудобство для полетов. С точки зрения элеу
трических явлений грозы опасны по следующим причинам*:
1) Возможно образование вольтовой дуги между облаком и самол
летом, что приведет к плавлению крыла, элерона или тех и
иных деталей, которые имеют более значительные сопротивле
ния. У деревянных самолетов эффект разрушения в этом случае
наступит скорее: сопротивление их больше, а пропорционально
сопротивлению возрастает и выделяемое током количество тов
пла. Требуется же для разрушения деревянного самолета тепл
значительно меньше, чем для разрушения металлического с
молета.

2) Возможны разряды вблизи самолета. Внезапное появл
ние тока огромного напряжения и силы вызовет резкое измен
ние электромагнитного поля вокруг самолета, в котором буд
индуктироваться сильные токи. В некоторых случаях эти то
могут быть достаточными, чтобы произвести те или иные разр
шения в самолете, а также могут быть смертельными для эк
пажа.

3) Возможность так называемых возвратных ударов. Сущно
их описана проф. Оболенским: „Если надвигается туча, несущ
сильный электрический заряд, то в ближайших к ней проводник
происходит, благодаря электростатической индукции, раз едине
положительных и отрицательных зарядов. При разряде меж
этой тучей и соседним облаком быстрое изменение потенциа
тучи сопровождается мгновенным переходом зарядившихся бл
годаря индукции проводов в естественное состояние. В орга
зме человека этот мгновенный переход сопровождается так
действием, как разряд грандиозной лейденской банки, и мо
вызвать смерть без всяких наружных следов".

Немецкий капитан-лейтенант Брейтгаупт в своей ста
„Опасность гроз и их влияние на вождение воздушных ко
блей** пишет:

„У металлических воздушных кораблей (автор имеет в в
дирижабли) каркас имеет хорошую электропроводность. Ч
если в тех или иных местах дирижабля металлические части
соединены проводниками, то возможно проскакивание искры
следовательно, пожар. Известен случай, когда вследствие под
ного конструктивного дефекта поражение дирижабля молни
сопровождалось искрообразованием. Благодаря трению о гра
вое и снеговое облако, дирижабль был сильно наэлектризов
Так как одна из растяжек не имела соединения с корпус
дирижабля, получилась возможность разряда".

* В. Шталь „Опасность гроз для авиации и воздухоплавания", Ве
Воздушного флота № 10—11, 1929 г.

** Журн. Das Luftschiff, № 1-2, 1929.

Далее этот же автор указывает, что выпускные антенны увеличивают возможность разряда между двумя облаками. Поэтому при грозовом положении они нежелательны. Равным образом опасно при грозовом положении выбрасывать жидкий балласт.

Образующиеся при этом водяные лучи облегчают проскакивание искры и, следовательно, образование разрядов. Вопрос влияния гроз на летящий самолет еще недостаточно исследован, но все же имеющийся опыт говорит за то, что грозовых облаков самолетам и аэростатам следует избегать.

2. ТИПЫ ПОГОДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ АВИАЦИИ

Классификация типов погоды

По воззрениям классической синоптики тот или иной тип погоды зависит от барических систем (циклонов, антициклонов и др.). Детальная классификация типов погоды при ней не существовала.

Новая синоптика (так называемая норвежская школа) сделала в этом отношении шаг вперед. Еще в 1924 г. в своей книге „Предсказание погоды" пр. Вальтер Георгии писал: „... Дальнейшее исследование зависимости между линиями сходимости и метеорологическими явлениями со всей ясностью показало, что не циклоны, как таковые, а образующиеся в них линии сходимости (так называемые фронты ВШ) являются истинными носителями изменений погоды".

Новая синоптическая метеорология различает пять основных типов погоды: а) неустойчивой воздушной массы, б) устойчивой воздушной массы, в) теплого фронта, г) холодного фронта и д) фронтокклюзии.

Такая общая классификация далеко недостаточна для практических целей, так как не дает еще полного представления о всем разнообразии погоды, связанной с этими шаблонами. Поэтому для авиации большую ценность представляет попытка Дюбюка* выделить из всего этого разнообразия естественные совокупности погод, так называемые „естественные типы погод". Классификация типов погоды Дюбюка приведена в таблице на стр. 40.

Конечно, они не исчерпывают возможных оттенков погоды и практика уже сейчас указывает на необходимость разработки еще более детальной их классификации.

---

* А. Дюбюк. Типы погоды и их определение по местным наблюдениям. Москва, 1932 г.

Неустойчивые воздушные массы.	Кучево-грозовая облачность теплого времени года	1. Хорошая погода с кучевой облачностью	В центральной части летних антициклонов или в их западной части, где еще нет признаков приближения фронта (перистых облаков).
		2. Устойчивая теплая или жаркая погода с грозами (тепловыми).	
	Шквалистые осадки, проходящая, меняющаяся облачность.	3. Переменная погода с проходящими шквалистыми осадками (шауэрами) и сильным ветром.	В тыловой части циклонов, реже в передней части антициклонов.
		4. Погода с меняющейся облачностью без осадков.	В передней (восточной) части антициклонов, реже в тылу циклонов.
Устойчивые воздушные массы.		5. Ясная погода при полном отсутствии кучевых облаков в теплое время года.	В центральной или западной части антициклонов теплого времени года.
		6. Морозная погода при ясном небе или слоистой облачности.	В зимних антициклонах.
		7. Пасмурная погода с моросящим дождем, туманами низкой слоистой облачностью.	В теплом секторе циклонов.
Теплый фронт или окклюзия по типу теплого фронта.		8. Погода при первых признаках возможного ненастья.	Окраина антициклона или тыл проходящего циклона при приближении нового циклона.
		9. Погода с временным увеличением облачности, но без осадков.	Прохождение старой окклюзии (уже не дающей осадков).
		10. Облачная или ненастная, прохладная погода или смена при стихании ветра теплой ненастной на более холодную ненастную и их окончание.	Северная часть циклона.
		11. Теплая ненастная погода и ее окончание.	Зона перед теплым фронтом (зона фронтального дождя).
Холодный фронт или окклюзия по типу холодного фронта.		12. Погода внезапного похолодания.	Прохождение холодного фронта или окклюзии по типу холодного.

Типы погоды неустойчивой воздушной массы

Полет в неустойчивой воздушной массе, благодаря наличию конвективных токов, всегда связан с „болтовней" самолета „рему" и поэтому он более утомителен, чем полет в устойчивой массе. Особенно трудно в сильную болтовню промерять углы сноса, т. е. достигнуть при этом нужной точности. Благодаря этому результаты определения точки ветра* менее надежны, а, следовательно, и все дальнейшие расчеты по контролю пути, по выходу на боевой путь и определению угла сбрасывания бомбы— менее точны.

Внешним выражением неустойчивости воздушной массы являются кучевые или кучево-дождевые (грозовые) облака. Оттенки типов погоды НМ приведены в таблице (стр. 40).

Наблюдаемая обычно в антициклонах „кучевая облачность хорошей погоды" (1-й тип) не мешает совсем работе штурмовой и войсковой авиации, поскольку нижнее основание кучевых облаков около 1400 м.

Для бомбардировочной авиации эта погода вносит неудобства: полет над облаками, хотя бы и при наличии окон, в отношении ориентировки затруднителен. Наличие облачности вносит также затруднения в процесс бомбометания. Под кучевыми облаками бомбардировочной авиации работать будет трудно в виду того, что нижняя граница находится в сфере зенитного огня.

Работа разведчиков в часы наибольшего развития кучевых облаков не может быть продуктивна в случае полета над облаками. Ее целесообразнее, по возможности, переносить на более ранние или более поздние часы суток, когда конвективные токи, а, следовательно, и кучевая облачность не имеет большого развития.

Для истребителей кучевая облачность служит хорошим маскировочным средством.

В случае особенно мощного развития кучевых облаков, последние вырастают в кучево-дождевые (грозовые) и дают тепловые грозы. Непродолжительность последних и небольшой район, который они охватывают, не дают больших помех работе авиации. Тепловую грозу можно переждать, а при встрече с ней в воздухе — обойти. Тем не менее как на земле, так и в воздухе, при приближении тепловой грозы следует принять необходимые меры: по укреплению самолетов на случай шквала, в воздухе обходить, а не идти сквозь грозовое облако. Прохождение грозы всегда сопровождается быстрыми переменами направлений ветра. Поэтому при грозовом положении надо в полете чаще проверять угол сноса.

Другой оттенок НМ (3 — 4 тип) бывает при кучевых облаках

---

* Точкой ветра в аэронавигации называется конечная точка вектора ветра.

плохой погоды, отличающихся более темным цветом и дающи внезапные, непродолжительные, но повторяющиеся осадки. Пр этом ветер бывает обычно порывистый или шквалистый. Эт тип погоды, наблюдающийся в тыловой части циклона и сопр вождающийся иногда грозами (холода), очень неприятен дл авиации.

Зимой кучево-дождевые облака этого типа погоды да сильные кратковременные, но повторяющиеся неоднократно тели со снегом из крупных снежинок или из хлопьев.

Весной и осенью из подобных туч происходит бурное вы дение крупы иногда с хлопьями снега, а иногда с крупно-пельным дождем.

Такая погода может держаться несколько дней, но сила эт дождей или снегопадов постепенно слабеет.

В этом типе погоды особенное значение имеет внезапно появления указанных осадков (шауэров). Здесь самолеты лег могут потерять ориентировку, даже находясь в районе сво аэродрома.

Эти два типа погоды НМ (3—4) затруднительны для в полнения полета в виду очень неспокойного состояния атмосфер (по вертикали — конвективные токи, а по горизонтали — шк листые ветры). Кроме того, внезапные ливни иногда с гроза а зимой мятели и снегопады со шквалами, заставят иногда молеты обходить такие районы, часто ломая курс.

Потеря ориентировки с вытекающими последствиями, набл даемые при подобной метеорологической обстановке, об'яс ются обманчивостью „хорошей" погоды, которая иногда с н обыкновенной быстротой заменяется указанными явлениями.

Интенсивность этих явлений зависит от степени неустой вости воздушной массы. При сильно неустойчивой массе край затруднительна работа всех видов авиации. В более охлажде ной снизу и, следовательно, менее неустойчивой воздушн массе боевая работа хотя и затруднительна, но возможна, скольку позволит высота облаков. Обычно при этом типе годы значительная до полной облачность с высотой нижне основания около 1000—1500 м, а иногда и ниже позволит раб тать только штурмовикам и отчасти войсковой авиации и истр бителям.

Типы погоды устойчивой воздушной массы

Как видно из вышеприведенной таблицы, устойчивая возду ная масса может дать довольно различные типы погоды (5, 6 в зависимости от барического рельефа и времени года. Одна общий характерный и благоприятный для ВВС признак всяк устойчивой массы — отсутствие конвективных токов, а, следов тельно,— „рему". Устойчивость воздушной массы обуславливае

обычно наличием инверсии или крайне медленным падением температуры с высотой.

Рассмотрим типы погоды, связанные с устойчивой воздушной массой: 5-й тип — ясная погода при полном отсутствии кучевых облаков в теплое время года — самый благоприятный тип погоды для работы авиации любого назначения: отсутствие облачности или умеренная облачность высоких и средних ярусов, отсутствие „рему", достаточно хорошая видимость вполне благоприятствуют выполнению всякого рода боевых заданий. Отрицательным моментом является иногда наличие дымки, мешающей аэрос'емке.

6-й тип — морозная погода при ясном небе или слоистой облачности. В первом случае безоблачное небо связано с более низкой температурой, которая сильно сказывается на работе экипажа в воздухе и на подготовке матчасти к полету. При полетах на большие дистанции этот тип погоды требует внимательного анализа карты погоды, так как в тех или иных районах устойчивая масса может дать туманы.

Морозная погода при слоистой облачности — второй случай — в виду малой высоты последней, годится только для работы штурмовиков.

7-й тип — пасмурная погода с моросящими дождями, туманами, низкой слоистой облачностью и плохой видимостью — типична для теплого сектора циклонов, теплого времени года. Это один из самых неблагоприятных для авиации типов погоды. Он обуславливается притеканием влажного, мутного, тропического воздуха. В этом воздухе отсутствуют конвективные токи, полет протекает спокойно. Здесь не бывает крупнокапельных дождей и внезапных осадков (шауэров). Наоборот, здесь наблюдаются обычно длительные моросящие осадки, так называемые, „низели", срывающие работу всех видов авиации.

Типы погоды фронтов

Прохождению фронтов (т. е. линий пересечения поверхностей раздела ВМ с земной поверхностью) соответствуют также своеобразные типы погоды,—вернее—переходы из одного типа погоды в другой. Фронты в действительности не представляют собой математической линии, а являются промежуточными зонами между двумя различными воздушными массами. Ширина такой зоны может быть от нескольких км до нескольких десятков км.

Прохождение фронтов характеризуется более или менее резким изменением (разрывами) большинства метеорологических элементов: температуры, характера и величины тенденции давления, ветра, характера осадков, видимости. Прохождение теплого фронта связано с типами 8, 9, 10, 11.

8-й тип — погода при первых признаках приближающегося ненастья, т. е. в полосе, предшествующей зоне фронтальных осадков (см. рис. 7 *в*). Этот тип погоды еще не препятствует

работе авиации на средних и даже на больших высотах. Однак надо иметь в виду постепенное снижение и уплотнение облачности по мере приближения фронта (Ci, Cist, Ast, Stcu и далее Nbst). Дача заданий при этом типе погоды должна сопровождаться подробным анализом карты погоды и уточнением вопрос как скоро наступит снижение облачности до предельной в данном задании высоты. Иначе может оказаться, что самолеты при возвращении будут прижаты и окажутся в сфере огня пулеметов и зенитной артиллерии противника.

9-й тип представляет собой временное, непродолжительное обычно ухудшение погоды без осадков или с небольшими осадками. Снизившаяся до слоисто-кучевых облачность может помешать на некоторое время работе бомбардировочной и разведывательной авиации. Работа же штурмовиков, войсковой авиации и истребителей при этом типе погоды может продолжаться.

10-й тип — облачная или ненастная прохладная погода северной части циклона. Обычно длительный дождь обложного типа при низкой облачности, иногда с туманом летом, снегопадом и мятелью зимой является крайне неблагоприятным условием для летной работы. Указанные осадки длятся иногда довольно долго (1 — 2 дня и более).

11-й тип — теплая ненастная погода (зона фронтального обложного дождя перед теплым фронтом (рис. 7 *в*). Эта зона имеет ширину, как указывалось выше, около 300 км летом и около 400 км зимой. При нормальной скорости движения циклонов около 700 км в сутки этот тип погоды длится около 12 часов. Однако, при медленно двигающемся, стационарном циклоне дождь может продолжаться и значительно дольше. При прохождении самого фронта температура повышается, дождь прекращается и после небольшого прояснения начинается моросящий дождь теплого сектора. Видимость ухудшается. Ветер меняется с ЮВ на ЮЗ.

Таким образом, за этим типом обычно следует погода теплого сектора циклона (7-й тип), т. е. если не считать кратковременного прояснения, бывающего непосредственно за теплым фронтом, погода вновь остается нелетной.

Прохождение холодного фронта характеризуется типом № (погода внезапного похолодания). Этот тип погоды связан с нагромождением кучевых и грозовых облаков, резкими внезапными осадками, иногда сопровождающимися шквалистыми ветрами, переходом ветра обычно с ЮЗ на СЗ и внезапным похолоданием. В целом этот тип погоды затруднителен, крайне неприятен и нередко опасен для работы авиации.

Задания, связанные с пересечением холодного фронта, в особенности при полете соединением, в большинстве случаев будут иметь мало шансов на успех. Непродолжительные же вылеты штурмовиков, истребителей и войсковой авиации иногда все

смогут быть достаточно продуктивными. Но техника полета и выполнение задания (пилотирование, аэронавигационная работа ведение огня) будут, конечно, значительно затруднены.

Метеорологические условия полета в стратосфере

Несмотря на огромные достижения и успехи авиационной техники, авиация, как мы видели, продолжает оставаться в сильной зависимости от метеорологических условий. Некоторые типы погоды совсем или почти совсем исключают возможность боевой работы самолетов. Другие — ограничивают эту возможность работой отдельных видов авиации.

Таким образом метеорологические условия полета в тропосфере создают ряд препятствий, в особенности для полетов на большие дистанции, когда приходится встречать на пути всякую погоду и всякие ее противодействия. Сам полет не всегда безопасен, да и нет большой гарантии, что задание всегда будет полностью выполнено из-за метеорологических условий (полеты на тысячи км) *.

Между тем, возникшая за последнее время идея самостоятельного применения ВВС наряду с прочими оперативно-тактическими требованиями (достижения больших скоростей, выход из сферы досягаемости зенитной артиллерии, увеличения радиуса действия, невидимость и неслышимость с земли) пред'являет и требования независимости авиации от погоды. Эти требования могли бы быть удовлетворены при переносе полета из тропосферы в стратосферу, т. е. при разрешении проблемы так называемой суперавиации. Разрешению этой проблемы в настоящее время уделяется много внимания, хотя оно и сопряжено с большими трудностями, возникающими из особенностей стратосферы.

Первой особенностью стратосферы является чрезвычайное разряжение воздуха. На высоте 13000 м давление воздуха равно всего 152,5 мм (с поправкой на температуру — 55°), чего человек не может выдержать. Поэтому необходимо искусственное создание для экипажа самолета условий, близких к земным. Это может быть достигнуто путем применения герметически закрытой кабины, где нормальное давление поддерживается особым компрессором и кислородными аппаратами, обеспечивающими нормальное дыхание.

Далее разряжение атмосферы сказывается не только на экипаже, но и на моторе. У обычных моторов мощность с высотой падает в виду недостаточности подаваемого в мотор весового количества воздуха. А с падением мощности падает и воздушная скорость. Таким образом достижение больших скоростей возможно лишь при сохранении на высотах первоначальной

---

* Малиновский. Оперативно-тактический смысл полетов в стратосфере. „Красная звезда" 28/II — 32 г.

мощности мотора. Достижение этого мыслится путем установки на самолете особых нагнетателей, служащих для сжимания окружающего разреженного воздуха перед подачей его в мотор. В настоящее время существуют так называемые „высотные моторы", которые сохраняют свою мощность до высот порядка 5000 м. Самолет Фармана, построенный им недавно для стратосферных полетов, снабжен 3-хстепенным компрессором и металлическим винтом с поворачивающимися в полете лопастями, что, по мнению конструктора, должно сохранить мощность мотора до высоты 20000 м.

Помимо этого разреженность атмосферы заставляет по-новому ставить вопрос охлаждения мотора. При давлении 152 мм вода закипает уже при 60°. Поэтому для охлаждения мотора, очевидно, придется применять жидкость с иными физическими свойствами.

Второй особенностью стратосферы является чрезвычайно низкая температура — около — 55°. Интересно отметить факт, зафиксированный проф. Пикаром во время его стратосферного полета 24 мая 1931 г. Несмотря на сильнейшую окружающую стужу, внутри его кабины температура доходила до + 41° С, в виду чего воздухоплаватели страдали от жары. Этот, на первый взгляд непонятный факт, об'ясняется тем, что стенки кабины, выкрашеные в темный цвет, сильно нагревались непосредственно солнечными лучами (передача тепла лучеиспусканием). Не менее интересно, что во время второго полета, когда кабина была выкрашена в серебристый цвет, воздухоплаватели страдали от стужи. Поэтому при постройке 1-го советского стратостата предусмотрено было подыскание для окраски кабины соответствующего серого цвета. Здесь, как и всегда, сказалась большая до мелочей предусмотрительность наших организаций, готовящих ответственный полет или экспедицию.

Полет стратостата СССР 30 сентября 1933 г. блестяще подтвердил правильность всех расчетов. В частности, температура внутри гондолы была в течение всего полета нормальной.

Распределение средних скоростей ветра по высотам приведено в таблице на стр. 47 Очевидно, что абсолютное влияние ветра на самолет будет обычно больше, чем в тропосфере: попутные и попутно-боковые ветры будут прибавлять, встречные и встречно-боковые ветры уменьшать путевую скорость самолета по правилу летного треугольника скоростей *. Несмотря на это, однако, относительное значение ветров все же будет значительно меньшим, чем в тропосфере. Это легко понять из следующего рассуждения: в нижнем слое тропосферы до 3000 — 5000 м, где протекает вся работа авиации, господствуют средние скорости ветров порядка 30 км/час. Это составляет по

* Летным треугольником скоростей, называется в аэронавигации треугольник, стороны коего являются векторами скоростей: воздушной, путевой и ветра.

отношению к средним воздушным скоростям современных самолетов $^{30}/_{180} = {}^{1}/_{6}$. На высоте около 11 км отношение средней скорости ветра к воздушной скорости будущих стратосферных самолетов будет порядка $\frac{60}{800} \sim {}^{1}/_{13}$. Таким образом, относительное влияние ветра на полет почти вдвое больше в тропосфере, чем в самом нижнем слое стратосферы и в 3—4 раза больше чем на высотах 13—20 км.

Высота в км	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Средние скорости ветра м/с.	5,7	6,6	7,5	8,1	8,9	9,9	11,1	11,2	13,5	14,9	15,6	13,8	11,9	10,9	10,1	9,4	9,4	8,1	8,0

Следовательно, в стратосфере будут меньшие углы сноса, меньшие боковые уклонения и уклонения по дальности. Кроме того, благодаря большому постоянству ветров не будет надобности в частых промерах углов сноса и в перерасчетах курса. Таким образом, с этой стороны в стратосфере самолетовождение облегчается. Но наряду с этими облегчающими штурманскую работу факторами возникнут значительные затруднения в штурманской работе другого порядка. Большая высота скроет из виду детали земной поверхности. Пребывание же над всеми ярусами облаков тропосферы, в том числе над высокими облаками, не имеющими значения для обычной авиации, приведет почти к постоянному пребыванию во время стратосферного полета вообще вне видимости земли.

В тропосфере непосредственное влияние на полет, как было указано выше, оказывают облака только нижнего и отчасти среднего яруса. Очень часто облака, находящиеся на высоте 5000 м и выше, как лежащие значительно выше уровня полета, не имеют непосредственного значения для обычных самолетов. В стратосфере, наоборот, самолет всегда будет находиться над всеми облаками. И так как сравнительно редко бывает отсутствие как низких, так и высоких облаков, то очень часто полет будет протекать вне видимости земли или при ее частичной видимости. Даже тонкие перистые облака будут застилать собой сглаженный высотой рельеф земной поверхности.

Даже в тех случаях, когда никакие облака не будут застилать землю, в стратосфере контроль пути и визуальная ориентировка будут невозможны. Очевидно, придется применять исключительно аэронавигационное самолетовождение, пользуясь специальными стратосферными, оптическими визирами, с большим увеличением.

В самой стратосфере благодаря чрезвычайно малому количеству водяных паров, нет никаких продуктов конденсации (обла-

ков туманов) и осадков. Там нет восходящих и нисходящих токов, рему и грозовых явлений. Температура не падает больше с увеличением высоты, но остается примерно постоянной, т. е. около — 55°.

Таким образом стратосферный полет всегда будет протекать в условиях благоприятной летной погоды, за исключением набора высоты и снижения, когда самолету придется пересекать тропосферу и когда он, как в обычном полете, может встретиться с любыми условиями погоды.

I. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИИ В АВИАЦИИ

. АЭРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОЛЕТА

Общие понятия

В разделе „Метеорологическая обстановка" было разобрано, ак влияют отдельные элементы, а также их сочетания при опре-еленных условиях, т. е. типы погоды, на работу авиации. Из ого обзора видно, что атмосфера далеко не всегда благопри-тствует совершению полетов. Однако, летать приходится когда ужно, а не когда удобно.

Если не в нашей власти предотвратить вредные и опасные зления погоды, то мы можем, по крайней мере, знать, каково остояние атмосферы в данное время в районе полета. Мы мо-ем также, правда с известной степенью вероятности, пред-идеть, что нас ожидает в ближайшее время, и этим избежать ;яких неприятных неожиданностей. Для этого служит метеоро-огия (и аэрология)—как наука и аэрометеорологическое обслу-ивание авиации — как практическое применение достижений ой науки к нуждам авиационной работы.

Это обслуживание нужно не только непосредственным ис-олнителям полетов (летному составу), но и авиационному коман-ованию. Если первым необходима информация о фактическом остоянии атмосферы в данный день и час и краткосрочные рогнозы, то последних интересует главным образом климати-еская характеристика того или иного района и предсказания огоды на более долгий срок вперед.

Для возможности наиболее продуктивного, целесообразного безопасного выполнения полета необходимы следующие формы рометеорологического обслуживания:

1) точное выяснение метеорологической обстановки по всему аршруту, т. е., что в действительности есть перед вылетом, а менно:

а) метеорологические элементы на земле (давление, темпе-атура, ветер и пр.) и распределение ветров по высотам в пункте

вылета. Для этого на аэродроме перед вылетом производя метеорологические и аэрологические наблюдения;

б) характер погоды по всему маршруту и в конечном пункте. Для этого производятся запросы „авиапогоды" от скольких пунктов, лежащих на пути и по сторонам от данн маршрута, как говорят „по коридору" (так называемая слу метеорологической информации);

в) общее распределение типов погоды (характера ветр облачности, наличия осадков, туманов и пр.) в сфере намеч ного маршрута. Перед вылетом метеоролог консультирует э паж по карте погоды.

2. Предсказания погоды на время перелета или вообще ближайшее время, т. е. ожидаются ли, когда и какие име изменения погоды. Эта отрасль метеорологической службы зывается службой погоды.

Все это обслуживание производится аэрометеорологическ станциями, находящимися на аэродромах. При этом в отноше метеорологической информации и службы погоды они опираю на соответствующие органы гражданской „Единой Гидрометео логической службы" и на службу связи НКПС и Наркомсвязи

В соответствии с этими функциями аэрометеорологичес станции должны иметь следующее оборудование:

а) комплект приборов и материалов для производства и работки метеорологических и аэрологических наблюдений;

б) радиоаппаратуру для приема метеорадиосводок, необ димых для составления карт погоды (т. е. с достаточно ост отстройкой и диапазоном волн от 500 до 4000 м.);

в) хорошую телефонную связь с правительственным и лезнодорожным телеграфом, необходимую для службы инф мации.

Техника определения метеорологических элемен в авиации

Определение давления воздуха производится при помо барометров. Они бывают ртутные и металлические (анероид Из ртутных наиболее употребительны барометры чашечн типа. Устройство их следующее (рис. 9): стеклянная трубка д метром в 1 см, длиной около 86 см, сверху запаяна, а ниж концом спущена в резервуар (*c*), куда имеется доступ внешн воздуха, для чего отпускается на 1 - 2 оборота винт (*d*). В тру налита ртуть, которая удерживается на определенном уро (обычно около 760 мм) давлением внешнего воздуха на пове ность ртути резервуара. Над ртутью в трубке пустота. Тру заключена в другую, латунную трубку (*a*), в которую встав термометр (*m*), необходимый для приведения показаний ба метра к 0°. Отсчеты давления воздуха (т. е. высоты ртутн столба) производятся на имеющейся шкале (*e*) при помощи

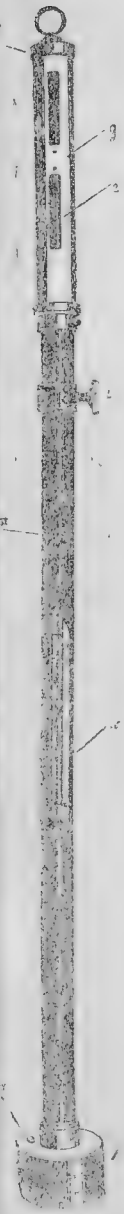


Рис. 9. Ртутный барометр

ниуса (g). В отсчет барометра надо вводить поправки: а) инструментальную, б) на приведение к 0°, в) на приведение к нормальной силе тяжести, т. е. к широте 45°. Для сравнимости отсчетов барометров, находящихся на разных уровнях, их приводят к уровню моря при помощи особой таблицы *.

Ртутные барометры применимы лишь на постоянных метеорологических станциях. Они очень хрупки и требуют особых предосторожностей при перевозке. Поэтому в авиации широкое применение имеют менее точные, но гораздо более удобные металлические барометры (анероиды).

Барометр анероид (рис. 10) состоит из плоской круглой металлической коробки, из которой выкачан воздух. С одной стороны центр этой коробки прикреплен к корпусу прибора, с другой — к сильной стальной пружине.

Пружина стремится растянуть анероидную коробку, тогда как внешний воздух, наоборот, стремится ее сплющить. Деформации коробки под влиянием изменения атмосферного давления

Рис. 10. Барометр анероид

* Давление, приведенное к 0°, необходимо знать перед вылетом — это „начальное давление", записываемое в бортовой журнал.

посредством системы рычагов передаются стрелке. В отсче барометра анероида вводятся те же поправки, что и к ртутно за исключением поправки на силу тяжести. Анероид должен хр ниться в футляре и в горизонтальном положении.

В авиационной практике часто бывает важно знать не столь абсолютную величину давления воздуха, сколько тенденцию е изменения. Для этой цели служит самопишущий прибор, так назы емый барограф, основанный на принципе анероида. Общий вид

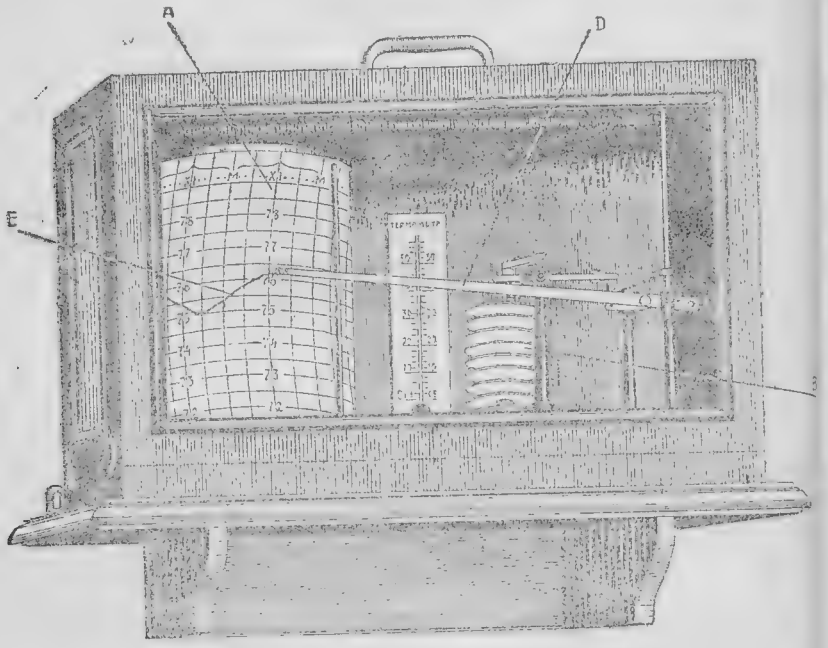


Рис. 11. Барограф

устройство его понятно из рис. 11. Барабан (А) вращается помощи часового механизма, совершая 1 полный оборот за 7 ток или за одни сутки. Система анероидных коробок (В) сжимании и расширении поднимает и опускает рычаг (Д) с тым на конце пером, которое, прижимаясь к барабану, чер непрерывную кривую (Е) — ход давления воздуха.

Повышение кривой соответствует повышению давления.

Запись барографов сильно искажается от резких колеба температуры и часто становится практически негодной в лаг ных условиях расположения АМС'а (в палатке, самолетном ящ и т. п.). При повышении температуры кривая идет вниз и оборот. На рис. 12 изображена барограмма, где виден волнс разный ход кривой, благодаря колебаниям температуры. Дейст тельно, на протяжении ряда дней в одно и то же время (ок

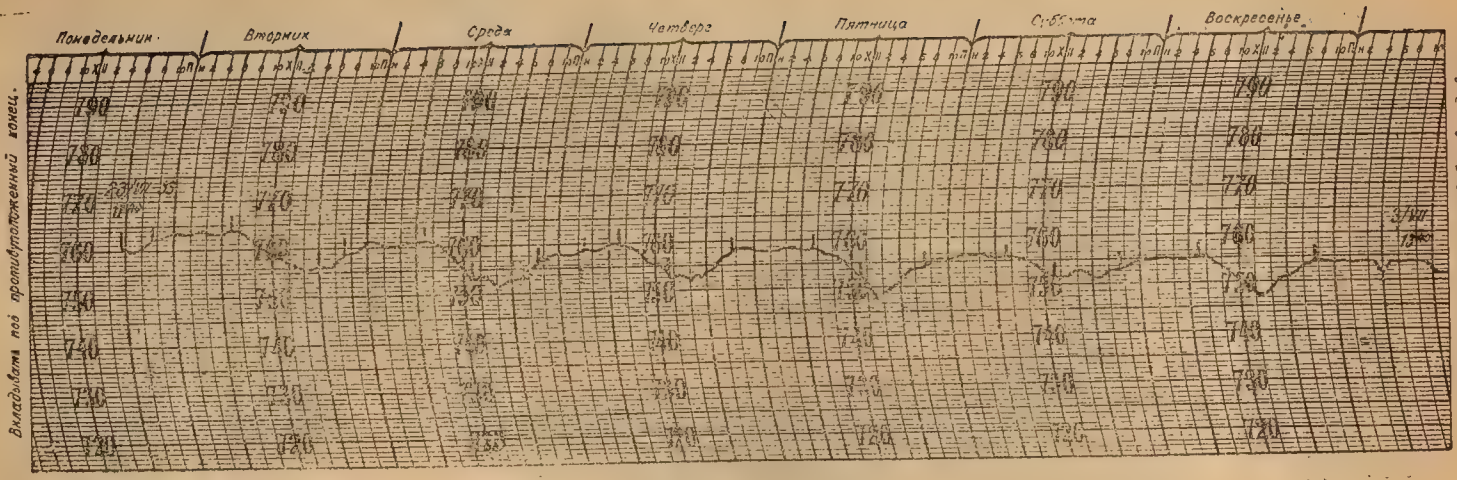


Рис. 12. Барограмма

16 час.) кривая имеет минимум и около 6—8 часов максимум. Эти резкие колебания кривой под влиянием температуры совершенно затушевывают истинный ход давления. Незнание этого обстоятельства вводит иногда летный состав в заблуждение.

Во избежание получения подобной ложной записи барографа его надо ставить не в палатке, а в помещении, где нет резких колебаний температуры.

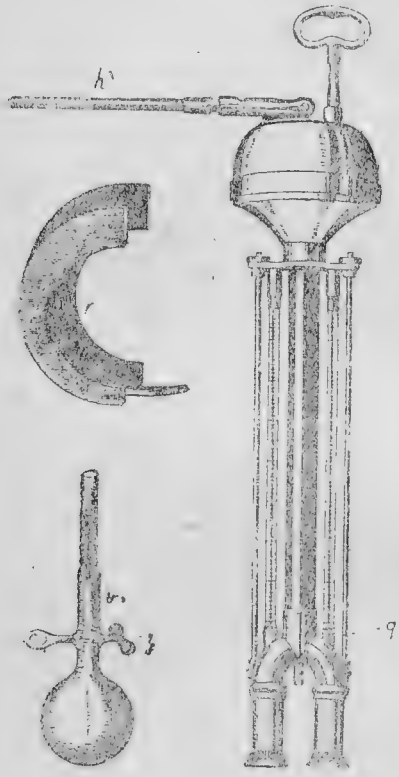


Рис. 13. Психрометр Ассмана

Определение температуры воздуха. На самолете температура воздуха определяется при помощи термометра, укрепленного на стойке самолета. Термометр обыкновенный с делениями через 1° и оцифровкой через 10°.

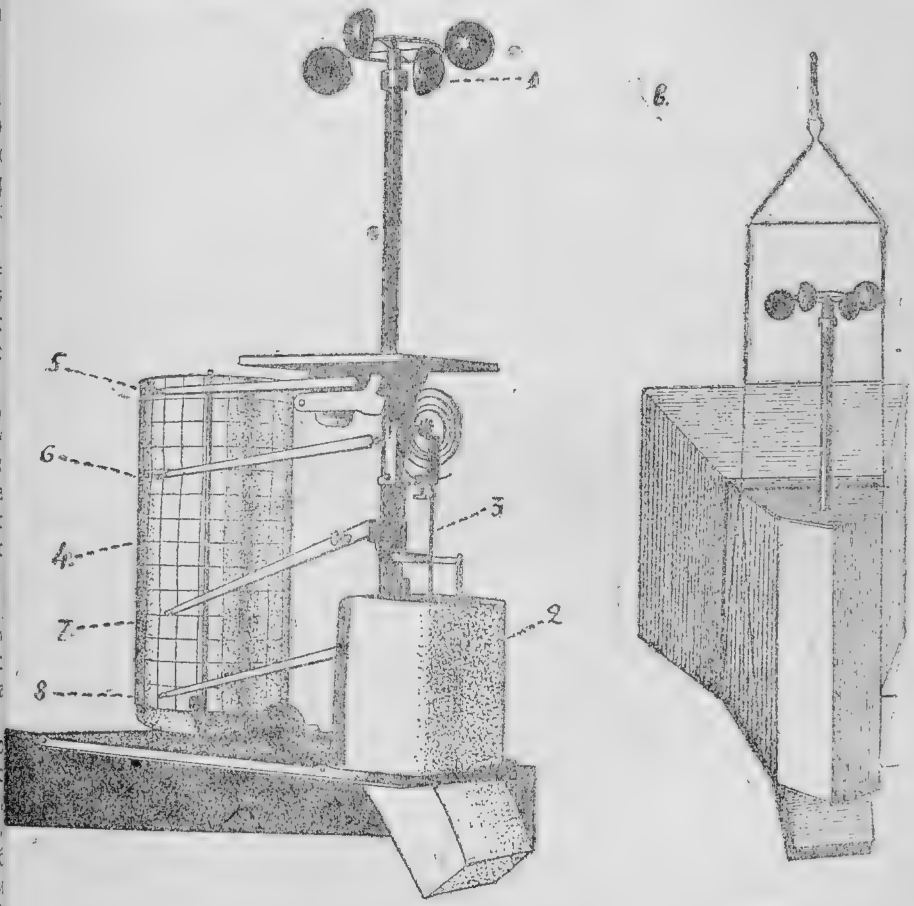
Для измерения же температуры воздуха на земле используется главным образом, психрометр Ассмана (сухой его термометр), который описан ниже.

Для записи температуры служит самописец термограф. Приемником его обычно является слегка изогнутая коробочка Бурдона, наполненная спиртом и выпрямляющаяся от его расширения при повышении температуры. При этом укрепленное на рычаг перо (как у барографа) поднимается и чертит на ленте, одетой на вращающийся барабан, кривую хода температуры.

Определение влажности воздуха производится психрометрами и гигрометрами. Здесь мы рассмотрим только наиболее употребительный и удобный в полевой практике аспирационный психрометр Ассмана, представленный на рис. 13. Он состоит из двух термометров: сухого и смоченного. У последнего резервуар обвернут батистом, который перед наблюдением смачивается дистилированной или чистой дождевой водой при помощи специальной пипетки. Резервуары обоих термометров защищены от солнечных лучей металлическими оправами с двойными стенками. Оправы соединены общей трубкой с вентилятором, который при помощи пружины приводится во вращение. Засасываемый вентилятором воздух обтекает резервуары термометров. Благодаря поглощению тепла от испарения, смоченный термометр почти всегда (кроме случаев полного насыщения, т. е. когда

f = 100%), показывает меньше сухого. Показания обоих термометров дают возможность по специальным таблицам определить абсолютную и относительную влажность воздуха.

Для записи относительной влажности воздуха служит самописец гигрограф. Приемник его состоит из пучка обезжиренных человеческих волос, который при увеличении влажности растя-



Внутреннее устройство   Общий вид

Рис. 14. Метеорограф

1. Приемник скорости ветра. 2. Защита приемника температуры (самый приемник — изогнутая биметаллическая пластинка—на рис. не виден). 3. Пучек волос—приемник влажности. 4. Барабан. 5. Запись скорости ветра. 6. Запись влажности. 7. Запись температуры. 8. Запись давления

гивается и заставляет перо, пишущее на бумажной ленте, одетой на вращающийся барабан (как у барографа), подниматься. По вертикали на ленте нанесена влажность в процентах, а по горизонтали — время. Один полный оборот барабана соответствует семи суткам или одним суткам.

Для регистрации на высотах давления, температуры и влажности воздуха служат самописцы метеорографы, которые поднимаются на воздушных змеях, самолетах и шарах зондах. Змейковые метеорографы (рис. 14) регистрируют кроме того скорость ветра направление же ветра определяется по относу змея в ту или иную сторону.

Определение облачности. В отношении облаков для летной работы требуется знать: 1) количество облаков, т. е. сколько десятых неба покрыто облаками, 2) форму или, как теперь принято говорить, „состояние" облаков, 3) высоту и 4) скорость и направление движения облаков.

Рис. 15. Нефоскоп Бессона

Количество облаков определяется на глаз в десятых долях покрытия неба. Основные формы облаков также нетрудно определить на глаз. Для детализации же их, а также в сомнительных случаях пользуются специальным атласом облаков, сравнивая наблюдаемую форму облака с формами, изображенными в атласе. Высота облаков определяется методом шаров-пилотов по вертикальной скорости шара пилота (V) и числу минут, протекшему от его выпуска* (n).

$$H = V \cdot n \text{ метров.}$$

Направление и скорость движения облаков определяется при помощи, так называемого нефоскопа Бессона (рис. 15). Он состоит из вертикального стержня, который имеет на себе закрепленные наглухо: а) небольшой рычажек (U), за концы которого привязаны бичевки, б) лимб (O) с делениями от 0° до 360° через каждые 10°, в) муфточку (D), благодаря которой весь стержень (A), свободно проходящий через отверстия кронштейнов (K), не падает, а задерживается на определенной высоте, г) метку (T), которая должна быть на высоте глаза наблюдателя, д) грабель (B) со стрелкой на конце, при чем расстояние от до грабель равно 2 м.

Производство наблюдения заключается в следующем: наблюдатель, отойдя от столба, при помощи бичевки устанавливает стрелку так, чтобы какая-либо резко очерченная точка облака шла параллельно линии *ак* (рис. 15). Замечают, за сколько секунд эта точка пройдет расстояние между двумя или несколькими зубцами.

По записанному времени и числу зубцов при помощи таблицы находят относительную скорость движения облака (считая высоту его за 1 км). Умножив эту скорость на действительную высоту облака (в км), получают абсолютную скорость движения.

* Подробно о методе шаров пилотов см. ниже.

облаков. Отсчет на лимбе против индекса дает направление движения облака. Этот прибор не точен, поскольку неизвестна точная высота облаков.

Измерение осадков. Осадки измеряются при помощи дождемера (рис. 16). Он состоит из цилиндрического ведра с площадью основания 500 кв. мм. Оно имеет внутри второе воронкообразное дно с отверстием внизу, через которое вода стекает в нижнюю часть ведра. Второе дно сделано для того, чтобы вода не испарялась из ведра. В нижней части ведра под вторым дном имеется носок для выливания осадков в измерительный стакан. Этот стакан разградуирован так, что слой воды в 1 мм в дождемерном ведре соответствует 10 делениям измерительного стакана. Дождемерное ведро укрепляется на столбе (А) так, чтобы приемная поверхность его была на высоте 2 м от земли. Для предохранения осадков от выдувания из ведра (Б) имеется так называемая защита Нифера (В). В утренний срок наблюдения (раз в сутки) ведро (Б) снимается на его место ставится другое (Г), а из первого осадки выливаются в измерительный стакан. Зимой снег в ведре надо растопить в теплой комнате, накрыв ведро крышкой.

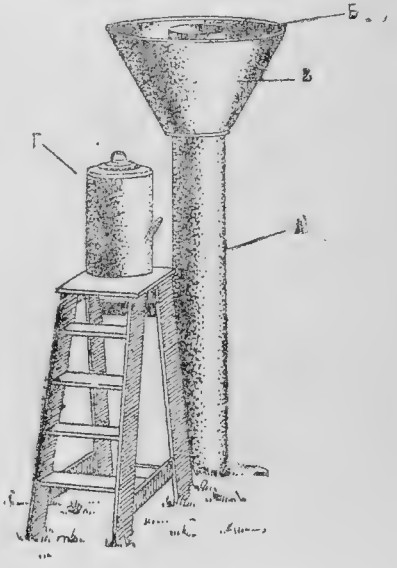


Рис. 16. Дождемер

Измерение толщины снегового покрова производится деревянной рейкой, разделенной на сантиметры, а плотность снега снегомером. Последний представляет собой пустой цилиндр с ручками в верхней части и с горизонтальной заслонкой, выдвигающейся внизу. Снегомер погружают в снег, вырезая столбик снега определенной высоты. Растопив его и измерив количество воды дождемерным стаканом, определяют плотность снега по формуле $d = \frac{m}{20\ h}$, где h число делений, отсчитанное по шкале цилиндра снегомера, а m — число делений по дождевому стакану.

Определение ветра. Направление ветра у земли в целях разбивки старта и расчета на посадку определяется ветряным конусом или специальным указателем (рис. 17). Для более точного определения направления, а также для определения скорости ветра применяется еще флюгер Вильда или походный ветряный конус с флюгером конструкции автора (рис. 18). Дуга со штифтами здесь рассчитана так же, как и легкая доска флю-

гера Вильда (см. приложение 1-е). Например, когда доска флюгера отклонена до 2-го штифта, это соответствует 4 м/сек., до 5 штифта — 10 м/сек. и т. д.

Кроме того, для определения скорости ветра пользуются ручным анемометром Фусса (рис. 19). Приемником его служат так называемыя робинзоновы полушария, вращающиеся под влиянием ветра. Причина их вращения заключается в том, что давление ветра на вогнутые поверхности больше, чем на выпуклые (вогнутая поверхность больше выпуклой). Вращение полушарий посредством передаточного механизма передается стрелке, ходящей по шкале. Полный оборот стрелки соответствует 100 делениям. Число делений, проходимое стрелкой в 1 секунду, умноженное на некоторый коэфициент (переводный множитель), который указывается в аттестате прибора, и есть скорость ветра в м/сек.

Рис. 17. Специальный указатель направления ветра

Наблюдение анемометра производят обычно в течение 100 секунд. Число делений, пройденное стрелкой за это время, делят на 100 и умножают на переводный множитель.

Скорость и направление ветра на высотах определяется методом шаров пилотов. Сущность этого метода заключается в следующем: резиновую оболочку шара пилота (предварительно размоченную в кипятке и высушенную) наполняют водородом. Шар выпускается в свободный полет с одновременным пуском секундомера в ход. Шар имеет постоянную вертикальную скорость* обычно около 150 или 200 м/мин. Таким образом

* Строго говоря, вертикальная скорость не вполне постоянна, как показывают вычисления. Она изменяется обратно пропорционально корню 6-й степени из изменения плотности воздуха. Однако, эта величина очень небольшая и практически ею пренебрегают.

через 1 мин. после выпуска он будет на высоте, например. 200 м. над землей, через 2 мин.— 400 м и т. д. За полетом шара наблюдают в специальный теодолит и через каждую минуту отсчитывают и записывают вертикальный и горизонтальный угол.

Устройство новейшего теодолита для шаро-пилотных наблюдений „Геофизика" следующее (рис. 20).

Основание прибора станина (А), на которую накладывается лимб (Б), разделенный на 360°. На лимбе прибора установлена алидада (В), несущая на себе все остальные части теодолита и соединенная неподвижно с вертикальной осью прибора. На горизонтальной оси коленчатой зрительной трубы укреплен вертикальный круг, разделенный на градусы (Г). На один из

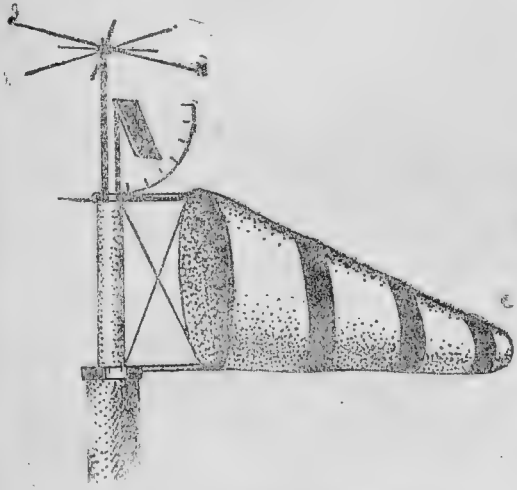


Рис. 18. Ветряный конус с флюгером

Рис. 19. Анемометр Фусса. a—ось, b—робинзоновы полушария, d—предохранительные дужки, e—включатель

концов горизонтальной трубы одето колено с об'ективом и коробкой (А), где находится призма. В другой конец оси входит окуляр (И). Вращение алидады и вертикального круга производится помощью микрометренных винтов (Е). Наличие стопорного винта лимба (К) допускает вращение алидады вместе с лимбом (стопорный винт отпущен) и отдельно от лимба (лимб застопорен). Для установки теодолита в горизонтальное положение служит круглый уровень (М), а для ориентировки по странам света — магнитная стрелка. В момент отсчетов необходимо подводить шар в точку пересечения видных в поле зрения трубы перпендикулярных нитей. Отсчеты делаются с точностью до 0,1° — по горизонтальному

кругу против индекса (Н), а по вертикальному кругу—против ин
декса (О). Для ночных наблюдений имеется осветительное при
способление, состоящее из трех лампочек. Две из них (Р) осве
щают деления горизонтального круга, 3-я — крест нитей.

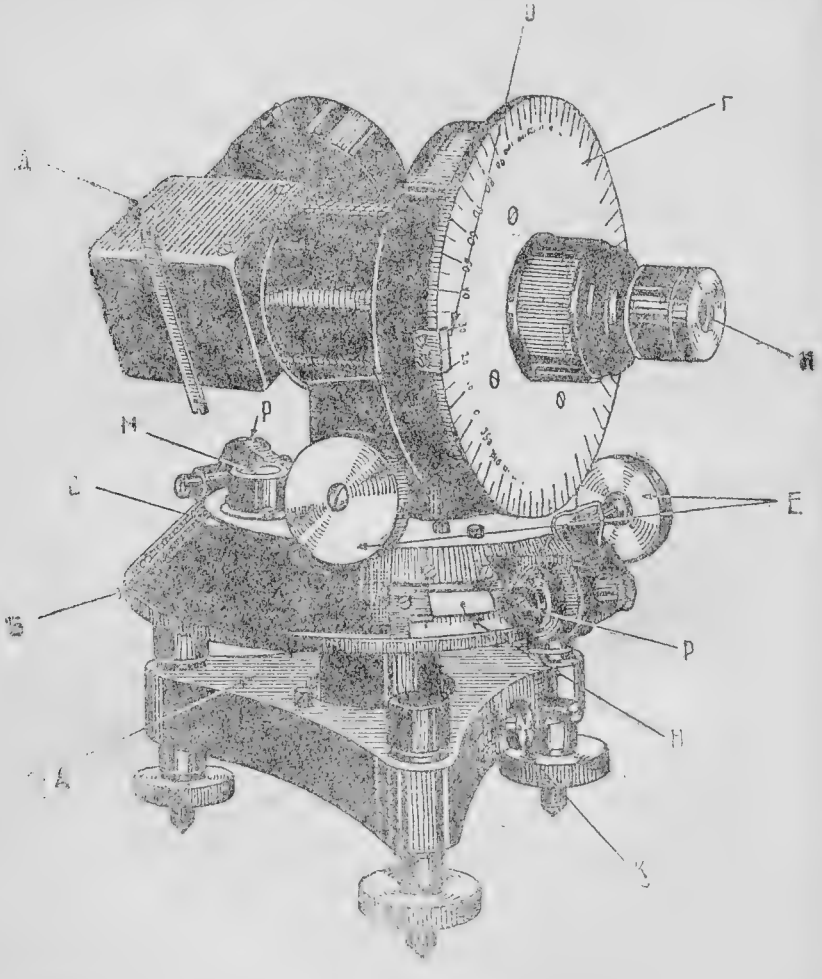


Рис. 20. Теодолит „Геофизика"
А—станина, Б—лимб, В—алидада, Г—вертикальный круг, Д—коробка с при
мой, Е—кремальеры для вращения верт. и гор. кругов, И—окуляр, М—уровен
Н и О—индексы, К—стопорний винт, Р—лампочки

По высоте шара над землей Н и вертикальному углу α, со
ответствующему данной высоте шара, можно найти величину
проекции пути шара пилота Х (приложение 2).

$$X = H \cdot \operatorname{cotg} \alpha$$

Вычислив проекции путей шара пилота за одну, за две, за три минуты и т. д., наносят их в масштабе на специальном бланке, так называемой сетке радианта (приложение 2)*. Этот бланк представляет собой как бы земную поверхность. В центре находится наблюдатель. Горизонт разбит на 360°. Нанесение указанных проекций производится каждый раз от центра по направлению соответствующего данной высоте горизонтального угла (горизонтальные углы выражаются в градусах от 0° до 360° по часовой стрелке). Конечные точки нанесенных проекций, оцифрованные порядковыми номерами той минуты, которой соответствует проекция, соединяются при помощи линейки. Таким образом полученная ломаная линия состоит из проекций путей шара за первую, вторую, третью и т. д. минуту. Эти проекции соответствуют слоям (при вертикальной скорости 200 м/мин. 0—200 м, 200—400 м и т. д. Так как проекции нанесены в масштабе, то, смерив длину каждой проекции, легко вычислить пути, пройденные шаром в горизонтальном направлении за время пребывания шара в пределах каждого данного слоя. Каждый слой шаром проходится (по вертикали) за 1 мин. = 60 сек. (так как вертикальная скорость шара постоянная). Следовательно, разделив длину проекции пути шара любой минуты на 60, получим число метров, пройденное шаром за 1 сек. в горизонтальном направлении в том слое, высота коего соответствует данной минуте. Это и есть для данной минуты скорость ветра в м/сек. Пусть измерили проекцию пути шара за 8-ю минуту 660 м при вертикальной скорости 200 м/мин., что соответствует слою 1400—1600 м. Значит за 60 сек. шар прошел в горизонтальном направлении 660 м, а за 1 сек. $\frac{660}{60} = 11$ м, т. е. скорость ветра в слое 1400—1600 м = 11 м/сек. Практически скорость ветра не вычисляют таким образом, а определяют так называемой метросекундной линейкой. Эта линейка, разбитая на деления, соответствующие числу м/сек., дает возможность сразу получать скорости ветра. Для каждой вертикальной скорости шара цена деления м/сек. линейки различная. Для определения направления ветра в каждом слое измеряют транспортиром углы между полученными проекциями и меридианом (т. е. линией С—Ю) см. приложение 2-е. На практике величины наносимых проекций за одну, две, три и т. д. минут по формуле не вычисляются. Они определяются графическим путем при помощи упомянутого специального бланка (приложение 7). Этот бланк представляет собой не только земную поверхность, как указано выше, но правый верхний ква-

* Иногда для удобства проекции путей шара наносят в двойном масштабе, а полученные результаты скоростей ветра делят на 2. Если вся проекция не умещается на бланке, то последнюю уместившуюся точку наносят вторично в уменьшенном масштабе (например, $^1/_1$ или $^1/_2$) и в этом же масштабе продолжают наносить все последующие точки (см. приложение 2-е, где до 10 мин. включ. М = $^2/_1$, а далее М = $^1/_1$).

дрант его служит кроме того для быстрого построения треуго
ника в целях определения проекции пути шара. В этом случ
эта часть бланка рассматривается в вертикальной плоскос
Например, за 10 мин. проекция будет выражаться отрезком
равным отрезку *ос*, так как треугольник *овс* и есть тот сам
треугольник, из которого можно определить проекцию пути ша
за 10 мин. (приложение 2). В треугольнике *овс св* есть высо
шара. Расстояние между каждыми двумя параллельными верт
кальными линиями соответствует числу метров (в масштаб
равному вертикальной скорости шара. Точка *в* лежит на 10 верт
кальной линии, значит при V = 200 м/мин. Отрезок *вс*, т. е. высо
шара, равен 10 × 200 = 2000 м. Точка О — место выпуска шара, *с*
точка, над которой шар находится в конце 10-й минуты, *ос*
земная поверхность. Угол α — вертикальный угол, отсчитанн
на вертикальном круге теодолита через 10 мин. после выпуска шар

Особенности производства аэрологических наблюдений в ав
ации заключаются в том, что наблюдение, вернее подготов
к выпуску шара и обработка результатов наблюдения, должн
производиться возможно быстрее. Нормальной быстротой обр
ботки шаро-пилотного наблюдения следует считать по $1^1/_2$ м
нуты на каждую минуту наблюдения.

Пример: Приказано немедленно выпустить шар пилот д
определения ветра на высоте 4000 м и высоту высоко кучев
облаков.

Расчет времени (нормальный):

1. Подготовка шара к выпуску, наполнение, измерение длины окружности, взвешивание под'емной силы и определение вертикальной скорости и одновременно (другим лицом) установка теодолита . . . . . — 7 м
2. Наблюдения до 4400 м* (шар № 20 при вертикальной скорости 200 м/мин) . . . . . — 22 „
3. Обработка наблюдения (включая интерполяцию для нужных высот и написание бюллетеня) . . . . . — 33 „

Итого . . . 1 ч. 02 м.

Таким образом производство метеорологического наблю
ния до 4000 м требует около 1 часа. Однако, даже придерж
ваясь указанной жесткой нормы, вручение бюллетеня через ч
часто нельзя считать приемлемым. Поэтому на аэрометстанц
обычно практикуется обработка результатов наблюдения помо
ником наблюдающего еще в течение производства самого н
блюдения, а не после него. В таких случаях обработка про
водится непосредственно у теодолита кругом Молчанов
позволяющим обходиться без сетки радианта, циркуля и метр

* Для получения ветра на высоте 4000 м шар надо пронаблюдать н
сколько выше.

секундной линейки. Сущность круга Молчанова (рис. 21) заключается в следующем: на деревянном круге, имеющем для удобства держания ручку (малая модель) наклеена миллиметровая бумага. На ней нанесены кривые. Оцифровка кривых указывает, какой

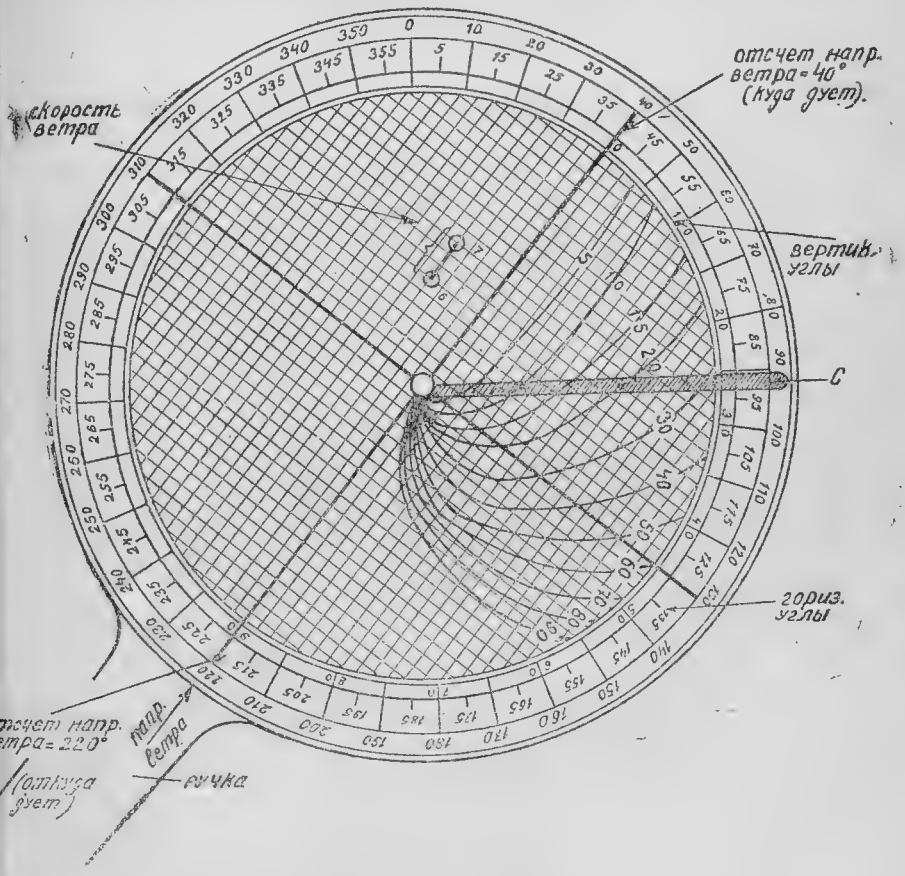


Рис. 21. Круг Молчанова

высоте шара соответствует каждая кривая. Правая полуокружность деревянного круга разбита на 90°— это вертикальные углы.

На деревянный круг одет концентрический целлулоидный круг, окружность его разбита на 360°— это горизонтальные углы. Целлулоидная линейка (*с*) может вращаться вокруг оси, проходящей через общий центр круга.

Пользуются кругом так: обрез линейки, проходящий через центр, круга ставят на деление целлулоидного круга, соответ-

ствующее горизонтальному углу определенной минуты набл
дения. Затем поворачивают линейку вместе с целлулоидны
кругом (удерживая ее на данном делении), так, чтобы этот
обрез ее совпал с делением на деревянном круге, соотве
ствующем вертикальному углу той же минуты наблюдени
На пересечении линейки с кривой, соответствующей данной в
соте шара, карандашем ставят точку и надписывают номер минут
Так же наносят все остальные точки. Таким образом целлу
идный круг заменяет сетку радианта.

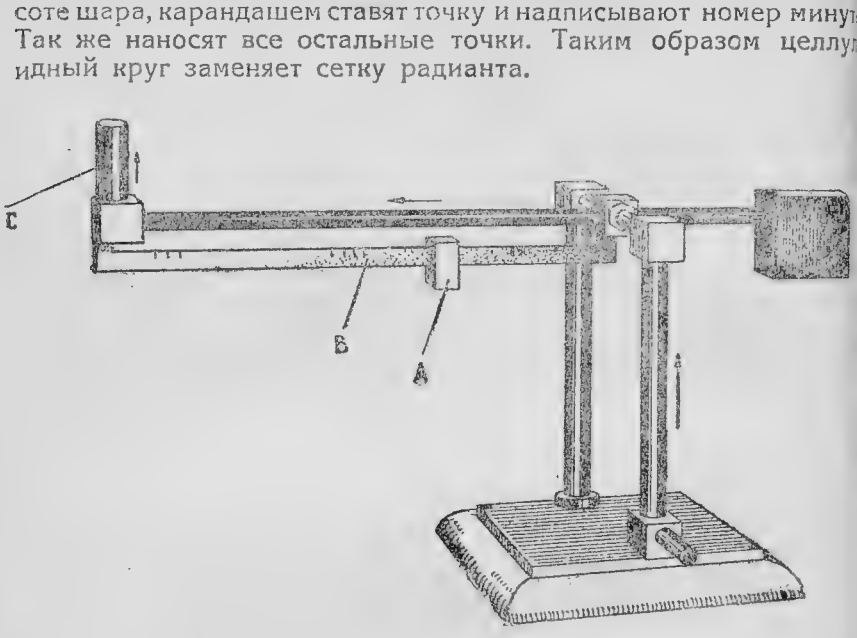


Рис. 22. Приборы для наполнения шаров пилота

Для определения направления и скорости ветра определе
ного слоя надо повернуть целлулоидный диск так, чтобы прям
соединяющая точки, которые соответствуют началу и кон
слоя, была параллельна диаметру круга.

Например на рис. 21 диск установлен так, что прямая, сое
няющая точки 6-й мин. (высота 1200 м) и 7-й мин. высота 1400
параллельна диаметру круга. Теперь направление ветра отсчи
вается на диске против диаметра круга, где указано стрелкой (22
а скорость ветра в м/сек. выражается числом мм между дву
указанными точками (15 м/сек, если каждое деление равно 5 м

Круг Молчанова применяется также артиллерийскими аэ
метрическими постами, для обработки шаропилотных наблю
ний, в целях нахождения балистического ветра.

Существует большая и малая модель круга Молчано
В авиации встречаются обе модели, в артиллерии применяет
только большая модель.

В целях рационализации подготовки шара пилота к выпуску автором сконструирован прибор (рис. 22) для наполнения шара пилота. Преимущество этого прибора заключается в том, что при пользовании им: 1) Отпадает надобность в измерении окружности шара, во взвешивании под'емной силы шара (прибор автоматически закрывает газ, когда шар приобрел нужную под'емную силу) и в определении по таблице вертикальной скорости шара (ею мы заранее задаемся). Этим ускоряется процесс подготовки шара к выпуску. 2) Отпадают ошибки от неправильного измерения шара, который не всегда равномерно раздувается. 3) Облегчается и ускоряется обработка наблюдения, благодаря подогнанной, круглой величине вертикальной скорости.

Принцип действия прибора заключается в следующем: при определенной вертикальной скорости шара (которой мы задаемся вперед) и известном весе оболочки будет определенная под'емная сила шара. Последняя должна уравновеситься движком (А), ходящим по шкале, путем установки этого движка на соответствующее деление шкалы (В).

Пример: надо выпустить шар № 20, вес оболочки 70 гр, под'емную силу выбрали для удобства 200 м/мин. Надо поставить движок на деление шкалы 70, одеть горловину шара на отросток (С), открыть газ. Когда подача газа прекратится, завязать горловину, закрыть газ ключем. Шар готов к выпуску.

Определение ветра методом шаров пилотов практикуется для предварительных расчетов и иногда для расчета курса следования первого этапа пути. На какое время и на какое расстояние от места вылета остаются действительными полученные этим методом данные о ветре — точно установить нельзя. Это зависит от характера и устойчивости погоды. При очень устойчивой погоде шаропилотные данные можно считать действительными в течение нескольких часов, иногда даже в течение целого дня; при неустойчивом состоянии погоды—всего в течение $1 - 1\frac{1}{2}$ часов; при грозовом положении ветер может несколько раз перемениться в течение часа. Во всяком случае летчик-наблюдатель при первой возможности должен в воздухе определить точку ветра и в течение всего полета следить за ее изменением.

Определение видимости обычно производится путем наблюдения различных ориентиров, удаленных на определенные расстояния.

Например, видимость предмета, находящегося на расстоянии 4 км, означает что, видимость $>$ 4 км. Когда он скрывается из виду (видимость $<$ 4 км), наблюдают предметы, расположенные ближе (3,2 км и т. д.), и таким образом устанавливают степень горизонтальной видимости. Вопрос о вертикальной видимости пока не разработан и не находит себе отражения в авиационной практике.

Служба метеорологической информации и предупреждений

Цель метеорологической информации заключается в том, чтобы дать экипажу самолета и командиру части или соединения возможно более поздние сведения о фактическом состоянии погоды по всему маршруту через каждые 50—150 км (в зависимости от состояния погоды). Это необходимо, с одной стороны, для принятия окончательного решения о возможности вылета, с другой—для осведомления экипажа о том, какая погода и где его ожидает по маршруту.

Право запросов авиапогоды предоставлено всем аэрометстанциям ВВС, командирам авиачастей или лицам ими уполномоченным и экипажам отдельных самолетов.

Запрашивать о погоде можно гражданские метеостанции и старших телеграфистов ж.-д. станций. Телеграммы с запросами и ответами авиапогоды идут в порядке „авиа".

Основное условие при запросах авиапогоды—быстрота получения ответа на сделанный запрос, так как получение устарелых сведений бесполезно. Нормальным временем прохождения ответных телеграмм на запросы авиапогоды надо считать 30—40 мин в пределах до 400—500 км и до 1 часа для более удаленных пунктов.

Запросы производятся или заблаговременно с указанием за какой срок надо сообщить ответ, например: 11-го вечером делается запрос „сообщите авиапогоду 12-го за 6, 8 часов" или срочно, когда ответ надо дать немедленно по получении запроса. Метеостанции дают ответы на запросы авиапогоды на основании произведенных ими инструментальных наблюдений по основным метеоэлементам. Для сокращения числа слов в телеграмме ответы даются простым цифровым метеорологическим кодом, состоящим из 4-х групп по 5 цифр каждая. „Схема этого кода следующая:

ЧЧ ММ $Ф_н$ ПП В р $О_н$ НН С П О ТТ И а Е*

Обозначают:

ЧЧ — часы.
ММ — минуты.

$Ф_н$ — состояние (форма) нижних облаков
ПП (WW)** — погода в срок наблюд.
В (V) — видимость.
р (h) — высота основания нижних облаков.
$О_н$ (N_z) — количество нижних облаков

НН (DD) — направление ветра.
С (F) — скорость ветра в балл. (см. приложение 1)
П (W) — погода между сроками.

О (N) — общее количество облаков
ТТ (TT) — температура воздуха.
И (U) — относительная влажность
а (a) — тенденция.
Е (E) — состояние почвы.

---

* Этот код содержит главнейшие элементы международного кода.

** В скобках проставлены латинские обозначения тех же элементов, принятые в международном метеорологическом коде (см. стр. 69).

*** В то время, когда книга находились уже в печати, в указанный метеокод внесены незначительные изменения (добавлена пятая група) в целях еще большого приближения его к международному ходу.

Подробная таблица, необходимая для расшифровки таких телеграмм, дана в приложение № 3.

Пример: в 8 час. 16 мин. низкая слоистая облачность, мелкий дождь, высота облаков около 100 м видимость около 4 км, ветер ЮВ свежий за прошедшие 3 часа шел мелкий дождь, температура 15°, относительная, влажность 80%, давление имеет ровное падение, почва влажная.

Телеграмма: 08166 60518 12559 15871.

Старшие телеграфисты НКПС дают только результаты визуальных наблюдений без кода.

Запросы авиапогоды должны производиться в строгом соответствии с намеченным сроком вылета. Только в некоторых случаях, когда погода не позволяет вылететь, но есть все же надежда, что она улучшится, приходиться запрашивать за несколько сроков. Учитывая, однако, большую загрузку телеграфа метеорологическими телеграммами, надо всемерно стремиться к возможному сокращению запросов.

Служба метеорологической информации функционирует на основании определенной договоренности между ведомствами. Информационные сведения должны увязываться с данными синоптики.

Пользуясь же метеорологической информацией без анализа окружающих условий, можно быть введенным в заблуждение и принять неправильное решение. Надо помнить, что от момента, когда в каком-либо пункте производилось наблюдение до момента прибытия самолета в этот пункт, проходит 2—3—4 часа. Погода часто за такой срок значительно изменяется. Если например летом запрос был сделан к 8 час. (наблюдение в 7), вылет в 8 час. 30 мин. и везде было „дано безоблачно", то во время полета, т. е. в 9—12 час. наверно следует ожидать кучевых облаков, которые могут, например помешать бомбить или фотографировать с заданной высоты. Возьмем другой пример: по маршруту были даны грозы. Может быть два случая: если это грозы холода (холодный фронт), распространяющиеся на значительное пространство, то они могут заставить вернуться или произвести вынужденную посадку. Если же это грозы тепла, имеющие местный характер и не влекущие после их прохождения изменения погоды, то их нечего опасаться. Если из 10—12 запрошенных пунктов 1—2 дают за 6 часов туман, можно предполагать, что это утренний поземный туман, который, очевидно, скоро разойдется, если вообще погода по маршруту ясная, наоборот, при пасмурной погоде надо непременно повторным запросом убедиться, прошел ли туман.

Поэтому метеоролог, вручающий летчику информационный бюллетень, должен дать ему консультацию о состоянии атмосферы по пути маршрута. Он должен указать летчику, какого изменения указанных в бюллетене сведений надо ожидать и притом когда и где.

Летний состав после посадки должен сообщать метстанци о фактическом состоянии погоды, наблюдавшейся во время полет и этим давать возможность контроля правильности даваемы прогнозов.

Помимо запросов авиапогоды по маршрутам, бюро погод и некоторые метеостанции обязаны давать предупреждения о опасных явлениях погоды (грозы, шквалы, бури, туманы) аэроме станциям ВВС и гражданским аэродромам. Предупреждения да ются словами и содержат в себе указание на то или иное опас ное явление, его интенсивность и направление перемещения.

Служба погоды

Общие понятия о методе синоптики. Сведения о факти ческом состоянии погоды по всему маршруту от места вылет и до пункта назначения еще не являются, как мы видим, дл летчика достаточными. Ему надо знать, изменятся ли они, кога и как, т. е. иметь прогноз погоды. Не меньшее значение имею прогнозы погоды и для принятия оперативных решений.

Предсказание погоды на непродолжительный срок (1—2 суто производится по карте погоды. Происходящие в атмосфере пр цессы настолько сложны, что для дачи прогноза надо имет перед глазами картину состояния атмосферы на большом пр странстве (например Европа и Сев. Атлантика) и тенденцию ее пер мещения или изменения. Надо знать взаимное расположени теплых и холодных масс, фронтов, барических систем, распр деление тенденции давления, осадков, температур и пр. на бол шом пространстве и для определенного момента времени, наприме за 7 час. Для этого существует служба погоды. Она основана н так называемом методе синоптики Сущность этого метода в след ющем: метеорологические станции всех стран после производст срочных наблюдений (01, 07, 13 и 19 часов) телеграфиру немедленно результаты их установленным международным мете рологическим кодом в соответствующие бюро погоды.

Международный метеорологический код состоит из 8 груп первая группа имеет 4 цифры, следующие группы—по 5 циф

Схема международного метеокода дана на стр. 69 (см. стр. 69

Каждое бюро погоды все полученные от метеостанций тел граммы: 1) об'единяет в общую сводку и передает ее по ра в определенное время (расписание метеорологических перед дано в приложении 4) для использования их другими бюро погод метеостанциями ВВС и граждан кими аэродромами; 2) расшифр вывает полученные метеотелеграммы и метеосводки, переда ные другими бюро погоды, и наносит значения метеоэлемент

---

* Для материковых станций и для 7 часовых наблюдений. Для бере вых станций и для наблюдений за другие сроки схема имеет несколь иной вид начиная с 7-й группы.

7-я группа	S S s	Характеристика снегового покрова
		Толщина снегового покрова
	m,m,	Минимум температуры на поверхности почвы
6-я группа	E	Состояние почвы
	j j	Минимальная температура (за утрен.срок) и максим. (за веч. срок)
	R R	Количество выпавших осадков.
5-я группа	U $C_н$ a b b	Величина тенденции
		Характеристика тенденции
		Состояние (форма) высоких облаков
		Относительная влажность
4-я группа	B B B T T	Температура воздуха в целых градусах
		Давление воздуха в мб до 0,1 (тысячи и сотни отброшены).
3-я группа	D D F W N	Общее количество облаков
		Погода между сроками
		Сила ветра в баллах
		Направление ветра (откуда дует).
2-я группа	w w V h N_z	Количество нижних облаков
		Высота нижних облаков
		Видимость
		Состояние погоды в срок наблюдения
1-я группа	C_l $C_м$	Состояние (форма) средних облаков
		Состояние (форма) нижних облаков
	I I I	Международный индекс станции
0-я группа	Z Z	Срок производства наблюдения
	У У	Число месяца

условными значками на бланк синоптической карты. Условные знаки и их значение в связи с вышеприведенной схемой международного кода даны в приложении 9.

Нанесение метеоэлементов каждого пункта на бланк синоптической карты производится обычно в следующей последовательности, определенным цветом, как указано в нижеследующей таблице:

Порядок нанесения элементов на карту

1	Общая облачность	N	Черный	12	Колич. нижн. обл.	N_h	Черный
2	Направл. ветра	DD	»	13	Состояние средней облачн.	C_M	»
3	Скорость ветра	F	»	14	Состояние верхней облачн.	C_H	»
4	Давление	BBB	»	15	Погода между сроками	W	Красный
5	Величина тенденции	bb	»	16	Осадки	RR	Черный
6	Характер тенденции	a	»	17	Влажность	U	»
7	Температура	TT	Красный	18	Сост. поверх. почвы	E	»
8	Погода в срок	WW	»	19	Толщина снежн. покрова	SS	»
9	Видимость	V	Черный	20	Характер снег. покрова	S	»
10	Сост. нижн. облачности	C_L	»	21	Шаропилот. дан.		Красный
11	Высота нижн. обл.	h	»				

Кроме того, строго соблюдается определенное расположение метеоэлементов вокруг кружочка, изображающего данный пункт (рис. 23).

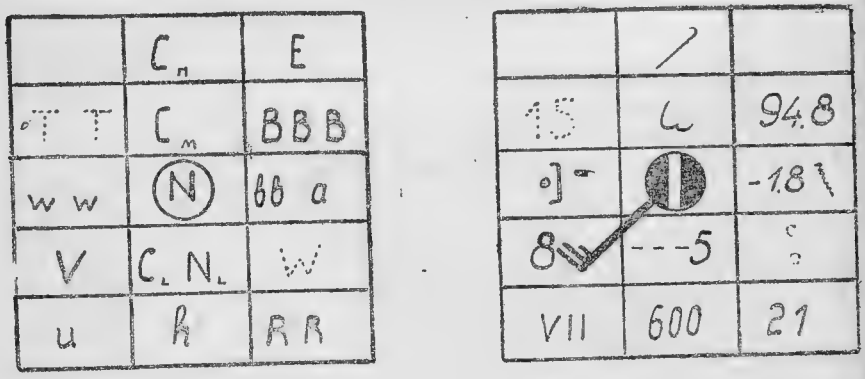


Рис. 23. Схема расположения метеоэлементов при нанесении на карту

Прежде всего ищут на карте пункт, соответствующий указанному в телеграмме индексу, обводят его кружком. Кружок зачерняют соответственно общему количеству облаков (N). Затем

ставят стрелку, изображающую направление ветра (DD), и на ней перышки, изображающие силу ветра (F). Короткое перо равно 1 баллу, длинное — 2 баллам. Далее справа пишут давление опуская тысячи и сотни миллибар (например 94,8 означает 994,8 мб, 13,6 означает 1013,6 мб. и т. д.). Под давлением пишут характеристику и величину тенденции (a, bb). После этого слева красным пишут температуру (TT). Дальше слева под температурой ставят знак погоды в срок (ww), под ним нерасшифрованная цифра видимости (V). Затем под кружком наносится знак нижней облачности (C_z). под ним подписывается высота их (h), а рядом справа — количество (N) Над кружком ставят значек средней облачности ($C_м$), а еще выше — верхней облачности ($C_в$). справа (под тенденцией) красным цветом ставят условный знак погоды между сроками (W).

Если в телеграмме указано количество осадков (RR), то оно пишется черным (зеленым) цветом под погодой между сроками. Под видимостью подписывается относительная влажность римскими цифрами, также в нерасшифрованном виде. Состояние почвы и снеговой покров по мере надобности наносят на отдельный бланк. Для пунктов, где имеются аэрологические станции, красным цветом наносится проекция пути шара пилота.

На практике не приходится наносить для каждого пункта все перечисленные элементы, а лишь некоторые из них, так как часть элементов обычно отсутствует. Например при полной низкой облачности средняя и верхняя облачность не видны или, наоборот, часто бывает только верхняя облачность, а нет нижней. Не всегда бывают осадки. Кроме того, часто в телеграмме (или в радиосводке) отсутствуют по тем или иным причинам некоторые элементы. В этих случаях на соответствующих местах стоят буквы x.

Когда все имеющиеся данные нанесены на бланк синоптической карты, приступают к анализу карты. Выявляют наличие фронтов. Теплые фронты проводят красными линиями, холодные — синими, фронты окклюзий — фиолетовыми (если не выявлено, по какому типу этот фронт окклюзии). Фронт окклюзии по типу теплого намечается тонкой красной линией, а по типу холодного — тонкой синей линией; при чем в обоих этих случаях подразумевается комплекс нижнего и верхнего фронта (смотри рис. 7 *е, ж*), иногда верхние фронты прочерчиваются отдельно: холодный — тонким синим пунктиром, а теплый — тонким красным пунктиром*. Полосы или районы осадков заштриховывают зеленым цветом, районы туманов — желтым. Делают разметку масс (арктические, полярные, тропические). Затем проводят изобары и тем самым выявляют наличие барических систем (циклонов, антициклонов, ложбин, гребней и пр.).

* Когда нельзя фронты изобразить в красках, они обозначаются условными узорами (см. прил. № 10 и рис. 7).

Порядок анализа карт погоды может быть и другой, в за
висимости от общей синоптической ситуации. Когда карта окон
чательно размечена и проанализирована, ее сравнивают с кар
тами погоды за предыдущие сроки; например карту за 7 час. 12/
сравнивают с картами за 19, 13 и 7 час. 11/V. Из рассмотрени
последовательного ряда карт погоды уясняют себе направлени
и скорость движения фронтов, барических систем и воздушны
масс, а также их деформацию. Учитывая степень прогревани
или охлаждения воздушных масс при их движении, насыщен
ность их влагой, возможное взаимодействие барических систем
наличие областей роста и падения давления, время года и с
ток и т. п. обстоятельства, стараются представить себе, как б
дут дальше двигаться и изменяться фронты, воздушные масс
и барические системы. На основании всего этого составляю
себе представление, как будет выглядеть завтрашняя карта п
годы, а, следовательно, какая погода должна ожидаться в тако
то районе.

Метод синоптики требует составления до 4-х карт погод
в сутки. Он дает возможность предсказывать с известной ст
пенью оправдываемости погоду на 1 — 2 суток вперед. Лишь пр
очень ярко выраженной и устойчивой синоптической ситуаци
иногда удается дать хороший прогноз на 3 и более суток вп
ред. Вообще же предсказания погоды на длительные сроки (д
када, месяц, сезон) относится к вопросу так называемых долг
срочных прогнозов, которые основаны на других методах и буд
рассмотрены далее в разделе „аэрометеорологическое обслуж
вание операций".

Возникает вопрос о возможности достижения безошибо
ности прогнозов погоды. Краткосрочный прогноз основывает
на предположении того, как будут смещаться и изменяться
или иные массы, фронты, системы. Предположение это баз
руется: 1) на существующем положении, 2) на изменениях, пр
исходивших до настоящего момента и 3) на учете ряда обст
тельств, которые будут оказывать влияние на дальнейшее с
щение и деформацию масс, фронтов и барических систем. Н
несмотря на имеющиеся достижения современной науки, мы в
же не в состоянии учесть всех этих обстоятельств. Поэто
даже при максимальном использовании всех достижимых во
можностей (отличная квалификация синоптика, достаточно густ
сеть метеостанций, наличие данных о распределении метеоэ
ментов с высотой, отличный радиоприем метеосводок и т.
некоторая доля случайности благодаря недоучету того или ино
неизвестного нам обстоятельства остается. Обычно, однако,
даже не имеем возможности максимального использования вс
того, что находится в пределах достижения современной на
и техники (недостаточно полная карта благодаря плохому рад
приему, отсутствие данных о температуре, влажности по вер
кали и т. д.).

Таким образом даже при самых благоприятных обстоятельствах метод синоптики 100% оправдываемости дать не может, но близко к этому довести ее все же возможно.

Невозможность добиться при помощи синоптики абсолютно безошибочных прогнозов и огромные трудности, стоящие на пути к повышению процента удачных прогнозов погоды, толкнули ученых на мысль — искать решения проблемы не синоптическим путем, а путем математическим — вычислительным. В этом направлении рядом ученых были сделаны разнообразные попытки, которые, правда, не дали пока практических результатов, но все же показали, что этот путь не безнадежен.

В теоретической метеорологии известна зависимость между предстоящим изменением давления в некотором пункте и изменением скорости ветра между двумя пунктами, отстоящими друг от друга на определенном расстоянии. Оказывается, что для определения предстоящего падения барометра в некотором пункте на 1 мм в течение 1 часа надо уловить изменение скорости ветра между двумя пунктами, находящимися на определенном расстоянии один от другого, с точностью порядка 0,004 м/сек. Конечно, такой точности современными приборами получить нельзя. Но, если бы это удалось осуществить, то мы сегодня могли бы иметь завтрашние изобары.

Другой путь вычисления изменения элементов погоды предложил Бьеркнес. Он предполагает, что состояние атмосферы может считаться известным, когда мы знаем скорость и направление ветра, вертикальное движение воздуха, давление, температуру, плотность и влажность воздуха. Тогда для нахождения этих переменных надо иметь 7 уравнений, каковые нам дает гидро- и термодинамика. Таким образом теоретически вполне возможно на основании имеющегося состояния атмосферы вычислить ожидаемое. Практически же это не удается — отчасти из-за больших трудностей вычисления и отчасти вследствие неточностей или отсутствия некоторых наблюдений (вертикальное движение воздуха). Но все же школа Бьеркнеса добилась того, что в отдельных случаях ей удавалось вычислить ожидаемое распределение ветров примерно за 12 часов.

Неизбежность некоторого процента неудачных прогнозов погоды вызывает то, что нередко бюро погоды дают прогнозы в расплывчатой форме, допускающей иногда двойственность толкований. Работа авиации ставит определенные требования качеству даваемых прогнозов: они должны быть конкретно и ясно сформулированы, должны быть кратки и своевременны и относиться к совершенно определенному времени. В прогнозе должен быть указан характер явлений (какой именно дождь, туман). Наконец, прогноз должен охватывать все необходимые для авиации явления.

После окончательного составления прогноза он передается по телефону заинтересованным лицам и учреждениям, и кроме

того в установленные сроки передается по радио для всеобщего использования.

Организация службы погоды. Рассмотренный выше метод синоптики базируется на довольно густой сети метеорологических станций. Количество и расположение синоптических метеостанций, используемых нашими бюро погоды и метстанциями ВВС и гражданскими аэродромами, видно из приложения 5.

На основании существующей международной договоренности все метеостанции, входящие в синоптическую сеть (т. е. используемые для целей синоптики*) производят метеорологические наблюдения в определенные и во всех странах одинаковые сроки (в 01, 07, 13, 19 час**) и совершенно одинаковыми методами и приборами. Каждое государство имеет ряд более или менее равномерно распределенных на своей территории бюро погоды, которые получают от метеостанций своего района зашифрованные международным метеокодом (см. выше) телеграммы с результатами произведенных ими срочных метеонаблюдений.

Бюро погоды составляют суммированные метеосводки и через соответствующие мощные радиостанции в определенные сроки (см. приложение 2), передают для всеобщего сведения цифровые данные за 01, 07, 13 и 19 часов, дающие возможность составлять карту погоды 4 раза в сутки.

Передача производится: 1) по радиотелеграфу (ключем), коим передаются более подробные сводки для других бюро погоды и ведомств, нуждающихся в детальных картах погоды, и 2) по радиотелефону — сокращенные метеорадиосводки для широких масс населения, для нужд сельского хозяйства и проч. Широковещательные метеорадиопередачи кроме цифрового материала содержат также консультацию синоптика о расположении фронтов, воздушных масс и барических систем. Иногда добавляется и прогноз.

В СССР служба погоды представляет собой одну из составных частей единой гидрометеорологической службы. Возглавляется служба погоды Центральным бюро погоды, которому в отношении научного и оперативного руководства подчинены республиканские и областные бюро погоды.

Общая схема службы погоды представлена на рис. 24.

Утренняя (7-часовая) карта погоды и вечерняя (19-часовая) являются основными, по которым даются прогнозы. Карты за 01 час. и за 13 час. вспомогательные. Они обычно из-за ухудшенного радиоприема (13 час.) и недостаточного количества станций (01 час.), менее исчерпывающи. Тем не менее для ави-

---

* Не все существующие метеостанции являются синоптическими, так как многие метеостанции преследуют те или иные специальные цели.

** В Западной Европе наблюдения производятся не в 7, а в 8 часов.

ации имеет большое значение именно ночная карта (за 01 час.). Она дает возможность уточнить к началу утренних полетов синоптическое положение и таким образом облегчает командованию й экипажам самолетов принятие правильных решений.

Практически возможные сроки окончания составления карт погоды надо считать следующие:

за 01 час. — 8 час., за 07 час. — 13.30 — 14.00, за 13 час. — 20 час. за 19 час. — 01.30 — 02.00 часа.

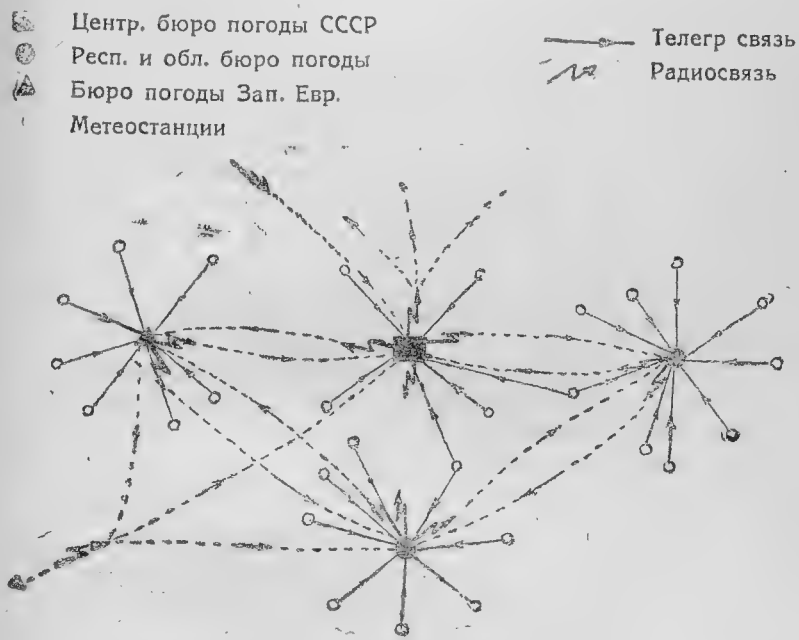


Рис. 24. Общая схема службы погоды

Надо, однако, заметить, что эти сроки могут быть выдержаны только при отличном приеме основных радиопередач и достаточном числе работников. При неполном же приеме возникает необходимость добавления недостающих пунктов по микрофонной сводке, что иногда значительно отодвигает срок окончания составления карты погоды.

Чтение карты погоды. Для того, чтобы извлечь из службы погоды надлежащую пользу, надо уметь: 1) читать карту погоды, т. е. разбираться в тех знаках и обозначениях, которые имеются на карте, 2) анализировать карту погоды, т. е. уяснить себе, какие условия погоды и какие процессы имели место в срок, за который составлена карта, а также мысленно представить себе в основных чертах будущую карту погоды и 3) делать вывод о предстоящей погоде, увязав его с местными признаками и пр. имеющимися данными.

Разберем на конкретном примере эти три момента. В прило-
жении 10 изображена карта погоды за 7 часов 21 сентября 1932 г.

Предположим, что экипаж самолета интересует маршрут Москва — Севастополь. Рассматривая условия погоды по этому маршруту, видим следующее: участок от Москвы почти до самого Харькова находится (в 7 час.) в пределах морского полярного воздуха (МПВ). Здесь господствуют западные направления ветров. Облачность небольшая, высоких или средних форм. В Курске сухой туман, между 21 и 7 час. был дождь. У Харькова маршрут пересекает холодный фронт и переходит в область континентального тропического воздуха (КТВ). При этом вначале погода остается безоблачной. В Днепропетровске облачность значительная ($^{7}/_{10}$ — $^{8}/_{10}$) типа перистых, т. е. около 9000 м. Далее, в степной части Украины за отсутствием станций данных нет. В Евпатории туман, в Севастополе опять ясно. Ветры: в Харькове — штиль, в Днепропетровске—слабый южный ветер. В Евпатории ветер СВ направления, что на первый взгляд как будто противоречит данной синоптической ситуации (общий поток в данном КТВ должен, естественно, быть Ю или ЮЗ). Однако, учтя, что указанный пункт лежит на побережьи, решаем, что этот ветер местного значения (бриз).

Рассматривая далее общую синоптическую ситуацию за 7 час. 21 сентября видим, что обширный окклюдированный циклон с центром на Белом море охватывает всю северную половину Европы, часть Сев. Ледовитого океана, примерно до Шпицбергена. Остаток теплого сектора исчезает несколько севернее Нижнего Новгорода, где сходятся теплый и холодный фронты. Далее идет к центру циклона фронт окклюзии, загибающийся на Кольском полуострове к юго-западу (загнутая окклюзия).

Фронт, идущий несколько западнее Нижнего Новгорода к Харькову и далее на запад, является до Житомира холодным фронтом, далее до Люблина теплым и оттуда снова холодным. Таким образом на участке Лубны — Люблин — Ольмюц мы видим образование новой волны. Англия находится в области высокого давления.

На карте виден еще один холодный фронт, отделяющий арктический воздух от морского полярного воздуха и идущий от Инге (север Скандинавии) через Соданкюле и заворачивающий далее на юго запад по Ботническому заливу, затем идет через Скагеррак и Немецкое море, вдоль южного берега Англии и сворачивает к СЗ и С, огибая Ирландию.

Анализ карты погоды и дача прогноза. Обратимся опять к рассмотренной нами уже карте погоды за 7 час. 21 сентября и представим себе, что на ней еще не нанесены фронты. Постараемся теперь проанализировать эту карту и выяснить, где и какие фронты следует провести.

Проведя изобары, обнаруживаем циклон с центром на Белом море и антициклон в Англии. Рассматривая более подробно тех

риторию, охватываемую циклоном, решаем, что он уже находится в стадии окклюзиии, так как теплого сектора в нем нет. У земли, следовательно, весь циклон уже заполнен холодным воздухом. Тем не менее не весь этот холодный воздух является вполне однородным. Внимательно просматриваем характер осадков, облачности, температуры и направления ветров. Юго-западная тяга, наблюдаемая во всей южной части циклона, имеет разрыв, примерно, по линии: Кузомень — между Онегой и Архангельском — между Каргополем и Шенкурском, — Тотьма и далее к ЮЮВ. Действительно, в Онеге, Каргополе, Белозерске, Вологде, Иваново-Вознесенске ветры ЮЗ или З, а в Архангельске, Шенкурске, В.-Устюге — В и ЮВ. Этот разрыв ветров сопровождается разрывом и других элементов. В Архангельске давление падает, а в Онеге оно уже растет. В Шенкурске до 7 час. был моросящий дождь, а в 7 часов пошел непрерывный дождь. В Каргополе дождь был, но к 7 час. окончился. Давление перестало падать и растет. Имеется также некоторая разница температур. Таким образом проводим фронт окклюзии, разделяющий МПВ и КПВ.

В Нижнем Новгороде мы видим моросящий дождь как до срока, так и во время наблюдения, повышенную температуру (12°), сплошную облачность и ЮЗ ветер, т. е. характерные признаки теплого сектора. Следуя от Нижнего Новгорода на ЮЗ к Харькову, обнаруживаем разрыв ветров (например, Моршанск ССЗ ветер, Тамбов—З ветер), температур (в Нижнем Новгороде, Елатьме, Моршанске 12 — 14°, а в Иваново-Вознесенске, Москве и Калуге только 8 — 9° и т. д.). В Моршанске давление падало, но начало расти. Это указывает, что здесь фронт уже прошел (или проходит).

На основаннии всего этого проводим холодный фронт несколько западней Новгорода к Харькову. Далее этот фронт надо загнуть к западу, проведя его южнее Киева, главным образом на основании разрыва ветров. Температуры здесь непоказательны. Но уже от Житомира мы замечаем резкую разницу температур: например Пинск имеет 11°, Варшава 10°, а Шепетовка 15°. Это заставляет продолжить проведенный фронт, но изобразив отрезок его от Житомира к Люблину в виде теплого фронта. С этим согласуется восточный ветер в Варшаве, значительно отличающийся от южной и юго-восточной тяги, имеющей место в пределах конт. тропического воздуха. Далее, повернув у Люблина, этот же фронт снова как холодный надо провести на ЗЮЗ к Цюриху. Этот участок фронта выражен менее ярко.

Перейдя снова на восток, проведем еще теплый фронт, являющийся как бы продолжением фронта окклюзии — восточнее Нижнего Новгорода, далее на юг и затем на ЮВ. Здесь мало данных, но все же температуры указывают нам, что воздух к западу от проведенного теплого фронта (КТВ), имеющий температуры от 9° до 17°, значительно теплее воздуха, лежащего к востоку от указанного фронта (Рязань 3°, Уральск 1°, только

в Камышине 10° и Александров Гай 12°, но и здесь КПВ холоднее КТВ). ЮВ ветер в Камышине, очевидно, является местным (тем более, что он очень слабый).

Проведя указанные фронты, переходим к анализу деформации и смещения их. Очевидно, что холодный фронт, догнавший уже теплый на участке Белое море — Нижний Новгород (в результате чего и образовался фронт окклюзии), будет дальше смещаться к востоку, сужая участок теплого сектора при общем смещении фронта окклюзии к СВ.

Образовавшая новая волна на фронте будет быстро смещаться к СВ с дальнейшим развитием нового теплого сектора, благодаря прогибанию к югу и как бы разворачиванию холодного участка фронта под влиянием холодного СЗ подтока. Вершину этой новой волны 21 сентября вечером можно предполагать уже в районе Смоленска. Холодный фронт, отделяющий АВ то МПВ, очевидно, должен сместиться к ЮВ. Центр циклона должен сместиться к северу (это заключение делаем на основании сравнения этой карты с предыдущими, которые тут не приводятся). Смещение это должно быть медленным, так как циклон окклюдирован и не имеет резкого контраста температур. Фронт окклюзии должен будет несколько развернуться в направлении против часовой стрелки. Следовательно, 21 сентября вечером (на 19-час. карте) его можно ожидать на линии Архангельск — Казань.

На основании сделанного анализа приступаем к даче прогноза* на ближайшие сутки. Предположим, что прогноз требуется дать для Киева. Холодный фронт зародившейся утром волны к вечеру будет, очевидно, недалеко от Киева. Ночью он пройдет через Киев. Завтра (22 сентября) Киев будет находиться за холодным фронтом, т. е. в холодной неустойчивой массе. Поэтому, учитывая характер погоды при прохождении холодного фронта вообще, особенности данного фронта и условия погоды неустойчивой массы, формулируем прогноз так (для района Киева):

Элементы	От 18 до 24 час 21 сент.	От 00 до 06 час 22 сент.	От 06 до 12 час 22 сент.	От 12 до 18 час 22 сент.
Форма облаков . .	Stcu, Frst, Cunb	Stcu, Cu, Cunb	Stcu, CunbFrcu	Stcu
Количество обл. . .	10	10 — 8	7 — 10	5
Высота облаков . .	500 — 600	1200 — 1500	1500	1500 — 2000
Осадки	дождь	Проход. дож.	Шауэры	без дождя
Направление ветра.	10	СЗ	ЗсЗ	СЗ
Скорость ветра . .	5—7м/с. Порывы до 10 м/с.	8 — 10 м/сек.	8 — 10 м/сек.	5 м/сек.
Температура	10° — 12°	8°	12°	12°
Видимость	хорошая	хорошая	15 км	15 км

* Здесь даны лишь основные черты анализа. В действительности, анализируя карту, надо было бы сопоставить ее с рядом предыдущих карт (за 20 сентября), а также с дополнительными картами (изотенденций, осадков). Также надо было бы учесть при даче прогноза последние шаропилотные данные и местные признаки.

На рис. 25 приведена схема действительного расположения фронтов в 19 часов 21 сентября. Из сопоставления карты погоды (прил. 10) с упомянутой схемой видно, как в действительности изменилась синоптическая обстановка за 12 часов (с 7 до 19 часов 21 сентября).

Правильно предусмотреть это, а также и дальнейшее изменение и явилось целью анализа карты погоды.

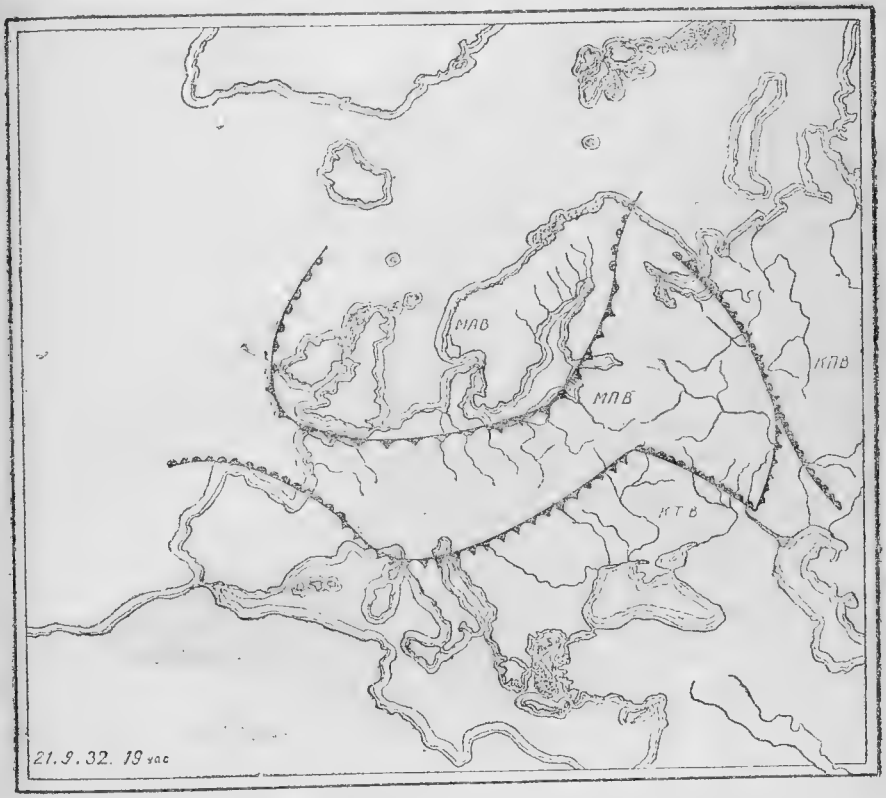


Рис. 25. Схема расположения фронтов в 19 час. 21 сентября

О прогнозах погоды по местным признакам. Карта погоды даже при самых благоприятных условиях (полнота, правильный анализ, своевременность составления и проч.) не всегда может уловить те или иные оттенки или условия погоды в различных пунктах. Это происходит в силу того, что мелкий масштаб карты $\frac{1}{(20.000.000)}$ дает возможность отразить на ней лишь сравнительно крупные образования. Многие же барические системы и фронты в виду их незначительного протяжения и размытости ускользают от синоптика.

Между тем в природе мы имеем множество указаний на приближение тех явлений, которые являются эффектом надвигающихся, но не обнаруженных на карте образований.

Игнорирование такими признаками является причиной случающихся грубых ошибок в даче прогнозов. Особенное значение приобретает использование местных признаков в полевых условиях, где обычно составляется лишь одна карта погоды в сутки или где нет возможности вообще принять метеорадиосводки.

Особенно ценно умелое использование тех местных признаков, которые расширяют горизонт нашего наблюдения. Например, перистые облака, находящиеся на высоте 9—10 км и видимые нами у горизонта, удалены от нас на расстояние около 300—400 км и так как эти перистые облака, движущиеся впереди циклона, бывают удалены от зоны фронтальных осадков на расстояние около 500 км, то, следовательно, от места нашего наблюдения зона дождя удалена на 800 км.

Подобный факт дает указание на то, что дождя надо ждать не ранее как через сутки.

Местные признаки, к сожалению, используются обычно недостаточно полноценно. Часто их забывают или ждут какого-либо бросающегося в глаза признака, упуская из виду, что местные признаки имеются на лицо почти всегда. Их надо только хорошо уметь улавливать и знать, что они предвещают. Например, почти всегда на небе можно видеть облака, ежедневно бывают те или иные световые явления (восход, закат, окраска тени, земли и проч.), почти всегда известен ветер на высотах (по облакам или по шару пилоту) и т. д.

Иногда местные признаки служат достаточным основанием для коренного изменения принятого согласно синоптической ситуации решения.

Однако, все же местными признаками надо пользоваться вдумчиво и осмотрительно. Нельзя ограничиваться поверхностным наблюдением того или иного явления. Наоборот, для дачи правильного прогноза нередко приходится тщательно следить за облаками или иными признаками довольно долгое время (20—30 мин., даже час и более).

Далее надо помнить, что надежный прогноз можно дать только по нескольким признакам, говорящим в одном и том же смысле. Если имеется признак, противоречащий принятому решению, то это еще не значит, что решение надо менять. В этом случае надо искать еще других признаков, которые помогли бы разобраться в противоречии.

Не все признаки имеют одинаковый удельный вес. Некоторые оправдываются почти безошибочно, другие—далеко не всегда. Во всяком случае надо совершенно резко разграничить научные приметы предстоящей погоды от народных примет, не имеющих научного обоснования. Тем не менее иногда и последние могут быть полезны как лишний добавочный фактор, под-

тверждающий правильность того или иного принятого решения.

Летному составу необходимо хорошо разбираться в местных признаках не только на земле, но и в воздухе. В приложении 3 дан сборник научных примет о погоде и указатель, позволяющий по тому или иному явлению найти соответствующую примету и узнать, что она предвещает.

2. АЭРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ

Аэрометеорологическое обеспечение операции имеет целью облегчить командованию разрешение следующих вопросов:

а) Выбора вероятного периода времени с благоприятной метеорологической обстановкой для проведения операции в данном районе данными боевыми средствами.

б) Выбора наиболее выгодного с точки зрения вероятной метеорологической обстановки (района из данных возможных по другим соображениям районов) для проведения операции в данное время данными боевыми средствами.

в) Выбора с точки зрения вероятной метеорологической обстановки наилучших боевых средств для проведения операции в данное время в данном районе *.

Средствами, обеспечивающими решения указанных вопросов, являются климатические материалы. Однако, этого недостаточно, поскольку в них не отражены индивидуальные особенности намеченного периода именно данного года. Соответствующее уточнение выводов об ожидаемой в период намеченной операции погоде дают долгосрочные прогнозы.

Наряду с использованием климатологии и долгосрочных прогнозов метеорологическое обеспечение операций должно включать в себя и обычную службу погоды. Например, принятие решения о моменте начала операции должно базироваться (в отношении погоды) на краткосрочный прогноз.

Использование климатических данных

Понятие о сущности и методе климатологии. Обычно под климатом понимают некоторое среднее состояние погоды в определенные периоды и в данном месте земной поверхности, которое характеризуется совокупностью средних значений всех метеорологических элементов по многолетним наблюдениям **.

Как видно из этого определения, климатология базируется на методе средних чисел. Сущность его заключается в следующем: возьмем, например, температуру. В течение дня она нередко

---

* Парский. Метеорологическое обеспечение военных действий и климатология. Изд. Гл. Геоф. Обсерват. Ленинград, 1932.

** Проф. Оболенский. Метеорология. Изд. „Новая деревня". Москва, 1927.

колеблется в очень значительных пределах. Среднее арифметическое из отсчетов температуры в 7, 13 и 21 час. даст среднюю суточную температуру, которая и характеризует собой температуру данного дня. Из средних суточных получают средние месячные величины, а из последних — средние годовые. Если взять, например июльскую среднюю месячную температуру какого-либо определенного года, то на основании ее нельзя с уверенностью утверждать, что всегда июль в данном месте будет иметь такую же среднюю температуру. Очевидно, что июль может быть очень жаркий и, наоборот, прохладный и т. д. Если же взять многолетнюю среднюю месячную (так называемую „нормальную") температуру июля, то здесь случайные, искажающие влияния отдельных лет будут сглажены и притом тем более, чем больше лет мы взяли.

Так как одни средние величины не дают достаточно ясного представления о метеоэлементах, то в климатологии рассматриваются, кроме того, некоторые дополнительные данные: средние месячные наибольшие и среднее месячные наименьшие величины, отклонение действительных максимальных и минимальных значений от средней величины, среднее и крайнее время наступления явлений и т. д.

В некоторых случаях метод средних чисел является незаменимым, например в строительном деле, где иногда нельзя обойтись именно без средних величин метеоэлементов (температуры, максимальной и минимальной температуры, влажности)

Если же посмотреть на климатологию с авиационной точки зрения, нетрудно показать несостоятельность этого метода.

Действительно, метод средних чисел дает часто превратное понятие о „нормальном" состоянии погоды. Средняя месячная температура в январе для Харькова — 7°, но это вовсе не значит, что на самом деле там в январе чаще всего бывает такая температура. Наоборот, вероятность того, что средняя суточная температура будет около — 7° (от 5° до — 10°) всего 20%. Остальные 80% падают на температуры выше — 5° или ниже — 10°.

Средняя месячная облачность в январе — марте для Харькова 7 (или 70%). Однако, в действительности чаще всего в это время она бывает или 1 — 2 или 10.

Еще менее поучительны средние месячные величины осадков, которые выпадают крайне неравномерно. Обычно они лишь стушевывают всякое представление о действительно выпадающих в этом месяце осадках.

Наряду со средними величинами даются обычно и крайние отклонения от них. Однако, и это немногим улучшает дело. Например, среднее количество выпадающих осадков в Харькове в первой декаде августа (за 35 лет) 15 мм, крайние отклонения: 0,1 мм и 65 мм (амплитуда огромна). Между тем в первой декаде августа в Харькове чаще всего (73% всех случаев) повторяется выпадение осадков меньше 5 мм.

Нижеследующие краткие выдержки из доклада пом. директора Гл. Геоф. Обсерват. по воен. делам т. Парского на климатологическом совещании Гидрометеорологического комитета СССР 17 ноября 1930 подтверждают мысль автора о непригодности в военном деле, вообще, и, в авиации, в частности, метода средних чисел.

Излагая путь получения средних месячных и годовых температур, т. Парский говорит: „Чем же могут быть такие величины, как не полной фикцией с точки зрения представления о реально возможной температуре воздуха". И далее: „Беда заключается еще и в том, что находят возможным характеризовать климат какого-либо района совокупностью средних значений всех метеорологических элементов — совокупностью фиктивных величин".

Таким образом, очевидно, что метод средних чисел не может удовлетворить те запросы, которые пред'являются климатологии. Это особенно резко сказывается в авиации, а отчасти и в некоторых других отраслях народного хозяйства.

Все это ведет к поискам новых форм и методов климатологии, приспособленных к удовлетворению определенных запросов. К рассмотрению тех тенденций, которые намечаются в направлении развития авиационной климатологии мы сейчас и перейдем.

Особенности авиационной климатологии. Как видно из предыдущего раздела, средние числа дают нам лишь общее сглаженное понятие о тех или иных элементах. Упоминание о возможных отклонениях от средней величины в ту или иную сторону также не могут принести какую-либо пользу авиационному командованию. Например, среднее количество осадков, выпадающих в первую декаду августа в Харькове равно 15 мм, но для авиации это еще мало что говорит, так как эти 15 мм могут выпасть или в виде почти ежедневных, продолжительных, но мелких или моросящих дождей, т. е. при явно неблагоприятной погоде, или же в виде одного непродолжительного ливня. Поэтому важно знать не только количество выпадающих осадков, но и их характер. Не говорят ничего авиации также и указанные возможные отклонения: 01 мм и 65 мм, ибо сейчас же возникает вопрос. „Какая же вероятность, что осадков будет всего 0,1 мм (т. е. практически данный период будет без осадков) или 65 мм (т. е. с обилием осадков)". Ведь очевидно, что для командования наличие возможности того или иного явления имеет цену только в сочетании с указанием на вероятность этого явления.

Совершенно ясно, что командование не будет считаться с возможностью того или иного явления в случае его незначительной вероятности.

Таким образом первым принципом авиационной климатологии является применение метода процентной повторяемости явлений Вместо фиктивных, в сущности, средних величин здесь

нужна вероятность* каждого явления и их совокупности в определенном месте и на определенном отрезке времени.

Вторым принципом авиационной климатологии является необходимость более детального дробления материала по периодам. Обычно в печатных климатических материалах приводятся многолетние средние месячные и годовые данные. Для авиационных же потребностей часто месяц является слишком большим периодом. Здесь нужна детализация по декадам и иногда по времени суток. Последнее особенно важно в отношении облачности и туманов.

Далее разбивка каждого элемента на те или иные ступени должна быть приспособлена к авиационным требованиям. Действительно, климатический материал нет смысла группировать по очень мелким и притом произвольным (не обоснованными авиационными потребностями) группами, как, например, температуру через каждые 5° или даже через 1°, осадки — через 5 мм и т. д.

Наиболее рациональная с авиационной точки зрения группировка нам представляется в следующем виде:

Температуры	— 5° до + 5°	(переход через 0°).
	+ 5° до + 25°	благоприятные т-ры.
	> + 25°	возможность перегрева мотора.
	— 5° до — 15°	затрудненные условия летной работы и эксплоатации матчасти.
	— 15° до — 25°	крайне затруднительная работа в воздухе и на земле.
	< — 25°	исключительно трудные условия
Осадки	5 мм в сутки	не влияющие на состояние аэродрома.
	5 до 15 мм	осадки средней силы, сказывающиеся иногда на состоянии аэродрома.
	> 15 мм	значительные осадки, после коих аэродром может быть негодным 1—2 дня и более
Снеговой покров	< 10 см	посадка на колесах.
	10 см до 25 см, > 25 см	посадка на лыжах.
Облачность	200 м и ниже	0 — 2 малая облачность.
	200 до 1000 м	3 — 7 средняя облачность.
	1000 до 2000 м	8 — 10 значит. до полной облачность.
	2000 до 4000 м	
	> 4000 м	
Туманы	сильный — средний — слабый.	
Видимость (гориз.)	0 до 2 км	— туман.
	2 „ 4 „	— плохая.
	4 „ 10 „	— средняя.
	10 „ 20 „	— хорошая.
	< 20 „	— отличная.

В обычных климатических материалах большей частью отсутствуют некоторые интересующие авиацию элементы: высота облаков, детализация туманов, ветры на высотах, бури, состоя

---

* Вероятностью явления называется отношение числа наблюдавшихся случаев к числу возможных случаев.

ние почвы. В авиационной климатологии эти элементы должны найти отражение.

Наконец, форма климатического материала. Длинные климатические очерки с обилием таблиц требуют значительной затраты времени для получения нужного представления о климатических условиях определенного района и периода. Поэтому для авиации наиболее желательна графическая форма климатического материала, которая давала бы возможность быстро получать требуемые конкретные указания лицам, не являющимся специалистами в этой области.

Произведенной автором опытной работой в этом направлении является климатический график Харькова, построенный на указанных принципах (приложение 6). Этот график составлен с целью подыскать метод графического изображения комплекса повторяемостей метеоэлементов. График далек от совершенства. У автора не было под рукой многих необходимых данных, например, повторяемости числа часов солнечного сияния, повторяемости осадков по отношению к общему числу наблюдений за осадками, а лишь к общему числу случаев осадков.

На этом графике большинство элементов разбито на несколько групп, например: облачность малая, средняя и большая; туманы: слабые, средние и сильные. Для каждой группы имеется отдельная кривая, (об'яснение значения кривых дано справа). Любая точка этой кривой показывает в процентах (шкала процентов слева) вероятность наступления или наличия такого то явления для данного месяца и времени суток. По горизонтали график разбит на 12 мес., а каждый месяц на три срока (7, 13 и 21 час).

Пример 1. Какая вероятность сильного тумана в октябре днем? Ищем раздел туманы и выбираем пунктирную линию, которая соответствует сильным туманам. Далее берем отрезок, соответствующий октябрю, а именно: среднюю часть его, которая соответствует 13 часам. Находим 6%.

Пример 2. Какой наиболее вероятный тип погоды в феврале утром? По левой вертикальной графе февраля (над цифрой 7) находим:

73%	вероятности	облачности ниже 1000 м.
80%	„	полной облачности.
40%	„	туманов (всех видов).
80%	„	Средней суточн. т-ры не ниже — 15°.

Средняя продолжительность солнечного сияния всего 1 час (в сутки). Вывод: наиболее вероятны полная низкая облачность с большой возможностью тумана при т-ре не ниже — 15° С.

Подобный график (построенный в виду отсутствия некоторых данных в несколько упрощенном виде) отражает климатические условия одного пункта. Из него можно быстро уяснить „климатический профиль" для определенного месяца.

Повторяемости направлений ветров изображаются обычно так называемыми розами ветров. При этом существует два метода:

1) метод Лямберта, определяющий равнодействующую (R) всех румбов (рис. 26 а). Величина этой равнодействующей находится по формуле

$$R = \sqrt{A^2 + B^2},$$

где R — равнодействующая всех румбов, при чем под символом всех румбов подразумевается их повторяемость в процентах от всего числа одиночных наблюдений; A — величина суммы проекций румбов на линию $N — S$, а B то же на линию $E — W$.

Направление равнодействующей R выражается углом, соста-

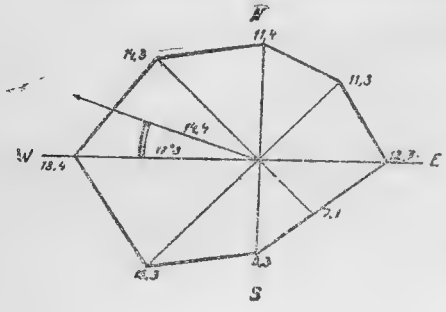


Рис. 26 а

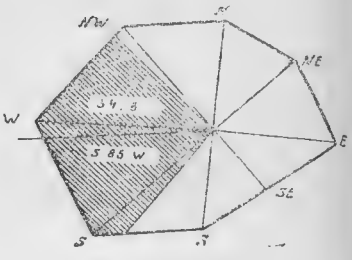


Рис. 26 б.

Розы ветров по методу Лямберта и Рубинштейна

вляемым ею с направлением $W — E$. Этот угол находится по формуле $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A}{B}$

2) Метод Каминского - Рубинштейн, дающий в градусах середину квадранта наибольшей повторяемости и относительное количество ветров, размещающихся в этом квадранте (рис. 26 б).

Первый метод характерен, когда относительные величины румбов имеют 1 максимум. В этом случае равнодействующая приближается к середине квадранта наибольшей повторяемости. Когда же этих максимумов два, то преимущество имеет второй метод.

Однако, авиационное командование интересуют не только климатические условия отдельных пунктов, но также и тех или иных районов. Здесь, очевидно, необходимо иметь декадные климатические карты, которые наглядно изображали бы всю совокупность повторяемостей различных метеоэлементов на данной территории с указанием интенсивности или характера явлений (облаков, туманов, осадков). Примерное схематическое изображение такой климатической карты приведено в приложении 8.

В виде дополнения к климатическим графикам и картам, конечно, может быть полезен и материал описательного порядка (очерки), но эти очерки должны быть кратки, очень конкретны и освещать те вопросы, которые не могли быть отражены с достаточной ясностью в графических материалах. Они совершенно не должны содержать излишнего для авиации материала.

Здесь полезно указать, например, характеристику гроз (интенсивность, преобладающие направления движения, время суток), туманов, снегового покрова, степень влияния различных видов осадков на почву в различных местах и т. д. В литературе было отмечено, что и метод повторяемостей метеоэлементов наряду с его преимуществами перед методами средних чисел таит в себе один недостаток — он отражает повторяемость отдельных элементов, а не повторяемость совокупности их.

Однако, из вышеизложенного видно, что те или иные графические приемы („наложение" повторяемостей разных элементов на одну карту, изображение повторяемостей разных элементов на одном графике и т. д.), позволяют судить с достаточной для практики ясностью по повторяемостям отдельных элементов о вероятной погоде в целом. Во всяком случае изложенный выше метод повторяемостей в настоящее время уже применяется и завоевывает себе все большее право на существование. Это вполне понятно, так как ничего лучшего, практически применимого для авиационных нужд теперь еще нет. Выдвинутое т. Парским предложение*, заключающееся в том, что климатология должна отражать вероятность „естественных типичных погод" на основе синоптической метеорологии, к сожалению, еще далеко от практического разрешения.

Большой интерес представляет работа известного норвежского метеоролога Бержерона „Пути динамической климатологии" **. Там говорится: „старая внетропическая климатология заключалась главным образом в статистических таблицах или в соответствующих картах распределения отдельных метеорологических элементов и носила обычно описательный характер.

Только в тропиках и в некоторых областях с резко выраженной орографией возможно было выделить устойчивые, соответственно прочно орографически обусловленные типы погоды, как совокупные явления или процессы, и подвергнуть их статистической обработке.

Обновление климатологии будет достигнуто в том случае, если этот метод изучения распространить последовательно на все широты и климатические явления.

Таблицы и карты динамической климатологии должны таким образом иллюстрировать повторяемость и интенсивность вполне определенных динамически - термодинамически замкнутых систем".

В этой статье Бержерон указывает путь дальнейшего развития климатологии, однако, в настоящее время этот путь еще не освоен настолько, чтобы динамическая климатология могла найти практическое применение в авиации.

---

* Парский „Метеорологическое обеспечение военных действий и климатология", стр. 16.

** Tor Bergeron. Richtlinien einer dynamischen Klimatologie. Meteorologische Zeitschrift, 1930, Heft 7.

Пока же еще динамическая климатология является интересной идеей и открывает перед собой широкое поле дальнейшей научно-исследовательской работы.

В вполне разработанной и проверенной методики авиационной климатологии пока нет. Применяемый издавна в климатологии метод средних чисел с развитием авиации был механически перенесен и на предназначавшиеся для авиационных нужд климатические работы. Неприспособленность таковых к авиационным потребностям и затруднительность их практического использования для удовлетворения запросов командования вскоре стала очевидной. Это побудило автора в 1930 г. поднять вопрос о необходимости создания авиационной климатологии и высказать некоторые соображения в этом направлении*.

Установление определенной точки зрения на авиационную климатологию еще не означает, что авиация уже располагает нужными ей климатическими материалами. Получение таковых обычно связано с довольно кропотливой работой. Затруднения возникают еще потому, что наблюдения по некоторым элементам не велись вовсе (например, видимость) или велись лишь очень немногими станциями (направление движения облаков, высоты облаков). Поэтому практически пока за неимением достаточного материала по повторяемости явлений все же приходится нередко частично, а иногда и целиком, пользоваться средними данными.

Остается сделать еще несколько замечаний об использовании климатических данных. Нельзя отождествлять климатические данные с прогнозом погоды. Например, климатология говорит, что на основании наблюдений в течение длительного периода (например, 50 лет) повторяемость ясных дней в таком то месте в августе 80%. Если бы мы действительно проследили погоду в августе на протяжении 50 лет, то 80% (или близко к тому) всех августовских дней за 50-летний период (т. е. 1200 дней) действительно оказались бы ясными, но какие именно — на это климатология ответа не дает. Поэтому в тех случаях, когда климатологию используют для длительного периода** (например, при изысканиях для постройки аэродрома или организации воздушной линии, которые будут функционировать длинный ряд лет), климатология дает вполне достоверные данные (если был взят достаточно длинный ряд наблюдений). Когда же климатологию используют для определенного года, то она может дать только вероятность явлений Учет особенностей того или иного сезона, месяца или декады именно данного года может быть произведен только при помощи долгосрочных прогнозов, како-

---

* В. Шталь. Основы авиационной климатологии. Вестник Воздушного Флота, 1930 г., № 10-11.

** В этом случае важно лишь количество ясных дней на протяжении данного периода и не имеет значения, какие именно дни будут и не будут ясными.

вые и являются необходимым дополнением к климатическим данным.

Долгосрочные прогнозы и их использование

В конце XIX и начале XX века было сделано немало попыток к отысканию методики предсказаний погоды на более ими менее длительные сроки вперед. Некоторые из предложенных методов давали те или иные результаты, другие оказались необоснованными и были отвергнуты (Демчинский, проф. Данилов). Некоторые специалисты еще до последнего времени считали вообще проблему долгосрочных прогнозов неразрешимой. Однако, в течение последнего десятилетия в этой области достигнуты довольно значительные успехи.

В Западной Европе в настоящее время применяют два метода долгосрочных прогнозов: один из них основан на анализе и разложении тем или иным способом кривых хода метеорологических элементов. Г. Я. Вангенгейм в книге „Синоптическая метеорология" так формулирует сущность этого метода: „исходят из предположения, что все процессы атмосферы волнообразны и что чрезвычайно сложный вид кривых хода метеорологических элементов обуславливается наложением друг на друга ряда волн различных амплитуд и периодов. Таким образом если найти пути для выделения этих простейших волн из общей сложной картины, т. е. если разложить сложную кривую хода на более простые кривые, то отсюда можно будет перейти к вопросам экстраполяции хода кривых на будущее, а, следовательно, и к вопросам предсказания погоды".

Другой метод заключается в изучении так называемой „мировой погоды, т. е. тех зависимостей, которые удалось ощупью найти, между различными явлениями погоды" в разное время и в удаленных друг от друга частях земного шара. Например, на температуру зимы в Европе влияет сила пассатов предыдущего лета, включительно по октябрь. Положительному и отрицательному отклонению муссонных дождей соответствует отрицательное или положительное отклонение температуры в следующую зиму в Западной и Средней Европе. Для периода 1875 — 1921 г.г. вероятность этого соотношения для Франкфурта-на-Майне составляет 81%. Положительному отклонению давления летом в Аргентине соответствует положительное отклонение температуры в следующее лето в Средней Европе.

Недостатком этого метода является то, что подобные исследования ведутся вслепую, в результате чего „вылавливают" зависимости, физический смысл которых или не ясен вовсе или имеет двойственное толкование.

Перед началом мировой войны в печати выступал с долгосрочными прогнозами инженер Демчинский. Он полагал, что погода зависит от фаз луны. По мнению Демчинского луна, являясь причиной приливов и отливов, должна в атмосфере вызывать

огромные приливные волны. Вначале Демчинский пользовался успехом, но вскоре неудачные прогнозы стали повторяться все чаще. Его теория потерпела крах.

Теоретически можно доказать, что высота атмосферного прилива не должна превышать высоты водяного прилива в открытом океане, так как в формулу, по которой вычисляется высота прилива, не входит ни плотность жидкости, ни глубина океана.

В СССР в настоящее время с успехом применяется синоптический метод долгосрочных прогнозов, разработанный зав. сектором долгосрочных прогнозов проф. Мультановским. Он решил положить в основу своего метода изучение двигающихся антициклонов, полагая, что таковые, участвуя в общей атмосферной циркуляции, указывают направление имеющегося на данном пространстве общего переноса. Он выяснил, например, что когда стационарный Азорский антициклон занимает некоторое определенное положение, то он выделяет ядра высокого давления, двигающиеся вдоль параллелей несколько южнее 50° С. Ш. в общем направлении на восток со скоростью около 700 км в сутки. При этом эти ядра сначала двигаются несколько на северо-восток, где получают „подкрепление" от Карского максимума, сливаясь с его ядрами, после чего двигаются к юго-востоку. При этом северней Азорского максимума и выделяемых им ядер двигаются циклоны. Описанный процесс сопровождается жаркой, засушливой погодой на юге Европейской части СССР, грозовыми положениями в центральной и обложными дождями в северной частях. То или иное изменение в положении по широте стационарного Азорского антициклона имеет своим следствием изменение направления (на более южные или северные) путей его ядер. Следовательно, оно может служить заблаговременным указателем на наступивший перелом типа и прекращения обуславливаемой им засухи *.

Далее, изучая траектории движения максимумов, Мультановский нашел, что они двигаются главным образом с ЮЗ на СВ (Азорские оси), с СЗ на ЮВ (так называемые „нормальные оси") или с СВ на ЮЗ („ультраполярные оси"). Кроме того, он изучил дополнительные воздействия, оказываемые на движущийся по той или иной оси максимум. Оказалось, что воздействия эти имеют известную закономерность и влияют определенным образом на условия погоды. Например ультраполярные воздействия (с СВ) неизбежно приносят сильные холода (зимой) или жару (летом) при большом суточном ходе температуры и совершенно ясном небе **.

Для дачи долгосрочных прогнозов Мультановский применяет составление так называемых сборных карт, нанося ежедневно последовательные положения центров областей высокого и низкого давления на одну общую карту. На этой сборной карте обнару-

---

* Г. Я. Вангенгейм. Синоптическая метеорология, стр. 53.
** Тоже, стр. 68.

Рис 27. Сборная карта тенденций естественного синоптического периода.

Рис. 28. Сборная карта всего периода

живаются поля высокого давления (области со светлыми кружками) и поля низкого давления (области с черными кружками). При этом оказывается, что в течение определенного периода (несколько дней) группировка полей высокого и низкого давления остается, примерно, одна и та же. В известный момент наступает нарушение этого принципа и начинается новое формирование сборных полей до тех пор, пока вновь наступит момент нарушения этой группировки и т. д. Эти промежутки времени Мультановский назвал „естественными синоптическими периодами". Они являются в настоящее время „единицей времени" для долгосрочных предсказаний погоды.

Естественные синоптические периоды колеблются в пределах от 5 до 14 дней, при чем длина их сохраняется приблизительно одинаковой на протяжении довольно длительных промежутков времени и меняется обычно лишь при переходах от одного сезона к другому.

Из самого определения синоптического периода видно, что в вопросах предсказания здесь большую роль будет играть „тенденция" процесса первых дней зарождающегося нового периода. На сборной карте, изображенной на рис. 27, нанесены центры общих и частных максимумов и минимумов в начале естественного синоптического периода. Из нее видно, где намечаются и где, следовательно, будут господствовать в течение всего периода (1 — 8 октября 1927 г. — рис. 27) области высокого и низкого давления. На рис. 28 изображена сборная карта всего периода. Сравнение обеих сборных карт показывает, что расположение систем на данный период областей высокого и низкого давления (по которому давался прогноз) и действительное расположение таковых совпали довольно близко.

Долгосрочные прогнозы на сезон даются по сезонным сборным картам.

Для этой цели сборные карты естественных синоптических периодов соединяются в одно целое — сборную карту сезона, по тому же принципу, какой применяется и при составлении сборной карты естественного синоптического периода. Здесь только роль отдельных центров циклонов и антициклонов сборной карты периодов играют „центры тяжести" фигур областей высокого и низкого давления.

Выяснилось, что и на сезонных картах группировки полей одинакового знака сохраняются до определенного предела, после этого наступает „синоптическая граница" сезона, группировка полей меняется, наступает новый синоптический сезон.

Мультановский выделил на основании этих границ вместо четырех календарных сезонов пять синоптических.

В приложении 5 дана карта предполагаемого размещения барических областей весной 1932 г., составленная по сезонной сборной карте.

Ниже приводятся выдержки из опубликованного Мультанов-

ским анализа данного размещения систем и вытекающего из этого анализа прогноза.

„Около 28 марта осуществился синоптический перелом и переход к процессам весеннего типа.

В основном характеристики погод текущей весны можно свести к трем главным типам.

Первый тип обуславливается полярными воздействиями от Исландии на Англию (А). Одновременно может иметь место более холодный компонент в виде ультраполярных воздействий, направленных с Баренцова моря на Скандинавию (на карте — В). Последний имеет характер хорошо выраженных циклонических тылов. Для всей Европейской части Союза характерно для этого типа развитие циклонической деятельности с короткими вспышками тепла в направлении с Приазовья на Среднюю Волгу и с последующими захолаживаниями.

Второй тип осуществляется в условиях полярных воздействий с Баренцова моря на юго-восток (по направлениям Канинской и Карской норм. осям). Для этого типа также характерна циклоническая деятельность большей части Европейской территории Союза, при чем довольно сильно развита и грозовая деятельность с большими осадками.

Наконец, третий тип погоды осуществляется в условиях ультраполярных воздействий с Карского моря на Нижнюю Волгу, при чем циклоническая деятельность в Европейской части Союза удерживается только в западной половине, но зато оказывается сильно развитой в Западной Сибири.

Воздействия этого типа сопровождаются холодами значительных пространств к северо-востоку от линии Канин — Уфа — Балхаш (до -10° в апреле и порядка $+5^{\circ}$ в мае). К юго-западу от указанной линии, напротив того, может развиваться значительное тепло".

Вместе с подобным анализом публикуются сезонные прогнозы по областям. Для примера приведем один из них (см. приложение 9).

Ленинградская область Карельская ССР Северная половина Западной области	Преобладание ветреной погоды; преимущественно незначительные осадки. В период 8 – 15 апреля понижение температуры, временами снег, вероятно с метелями. После 15 апреля и приблизительно до 21 апреля переход к теплой, преимущественно без осадков погоде с туманами около 20 – 22. Во второй декаде мая возврат холодов с небольшими снегопадами метелевого характера.

Выше изложены лишь основные вехи проблемы долгосрочных прогнозов, необходимые для общего понимания их сущности и отличия от прогнозов краткосрочных. Сложность и недоста-

точная еще изученность данного вопроса исключает возможность применения методов долгосрочных прогнозов на АМС'ах ВВС и на гражданских аэродромах. В настоящее время долгосрочные прогнозы всем заинтересованным ведомствам дает только сектор долгосрочных предсказаний Центрального бюро погоды (помещается в Ленинграде), ведущий одновременно и дальнейшую научно-исследовательскую работу в этой области.

Здесь необходимо указать еще на одно обстоятельство. Как это видно из вышеизложенного, долгосрочный прогноз нельзя дать в любой момент на любой период.

Предположим командование интересует прогноз на период с 23 по 30 мая. 21 мая сделан срочный запрос. Если требуемый период примерно совпадает естественным синоптическим периодом, то прогноз может быть дан легко, но может оказаться, что периоды эти не совпадают. Например, новый естественный синоптический период начинается 22 мая, тенденция его определится 23 — 24 мая. Следовательно, немедленный ответ затруднен тем, что старый естественный синоптический период уже кончается, а новый хотя начался, но еще не определился. В виду того, что командование все же удовлетворить необходимо, долгосрочный сектор и в этих случаях прогноз дает. Но такие прогнозы, в отличие от прогнозов „на естественный синоптический период", называются „вынужденными". Процент успешности их значительно ниже, чем первых, но все же и среди них наблюдались случаи поразительной точности.

Проблема долгосрочных прогнозов еще далека от своего окончательного разрешения. Однако, благодаря выдающимся успехам советской науки в этой области все заинтересованные в службе погоды ведомства уже в настоящее время регулярно обслуживаются долгосрочными прогнозами погоды.

УКАЗАТЕЛЬ ПРИМЕТ

Название примет	№ № примет
Облака	
Перистые	3, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 78
Перисто-слоистые	28, примеч. 1, 30, 34
Перисто-кучевые	2, 36
Высоко-кучевые	6
Высоко-слоистые	
Слоисто-кучевые	2
Кучевые	1, 4, 33, 38, 55, 77, 78
Грозовые	5, 69.
Слоистые	3
Ветер	7, 8, 9, 10, 39, 53, 54, 56, 76
Давление	11, 12, 13, 40, 41, 56, 79, 80
Влажность	5, 14, 15, 16.
Световые явления	
Закат солнца	18, 34, 46, 47, 62, 63, 64, 65, 67
Восход солнца	17, 18, 46, 47
Радуга	19, 20, 21, 22, 71, 74
Гало и круги	23, 24, 26, 27, 42, 72, 73
Мерцание звезд	25, 44, 45.
Окраска земной тени	48
Из-заоблачное сияние	50
Прочие	43, 49, 67, 75
Роса	51, 68
Суточный ход элементов	57
Температура	57, 59, 61, 62
Сухой туман	63, 66
Разные	35, 52, 58, 59, 60, 70

И С Т О Ч Н И К И

1. **Оболенский.** Метеорология. Москва. 1927.
2. **Оболенский.** Краткий курс метеорологии. Москва — Ленинград. 1932 г.
3. **Беляков и Кулаков.** Метеорология и аэрология. Москва. 1930.
4. **Спирин.** Слепые полеты. Москва 1932.
5. **Виллет.** Туман и мгла. Перевод с английского. Москва. 1932.
6. **Фон Геппнер.** Война Германии в воздухе. Перевод с немецкого. Москва 1924.
7. Авиационные двигатели. Изд. В. Возд. ак. РККА. Москва. 1932.
8. **Н. Булинская и А. Синягин.** Основы синоптической метеорологии. Ленинград. 1932.
9. **Г. Я. Вангенгейм.** Синоптическая метеорология. Ленинград. 1931.
10. **С. П. Хромов.** Карта погоды. Москва. 1931.
11. **Вальтер Георгии.** Предсказание погоды. Перевод с немецкого. Москва. 1930.
12. Руководство к составлению ежедневных метеорологических телеграмм. Ленинград. 1933.
13. В. Шталь Авіаційна метеорологія. Харьков. 1932.
14. **А. Кулаков.** Гроза, град и защита от них. Москва — Ленинград. 1930.
15. **Виткевич и А. Кулаков.** Метеорологические и аэрологические приборы. Москва. 1924.
16. Краткое описание теодолита для шаро-пилот. наблюд. Москва 1930.
17. **Колобков.** Метеорологические приборы. Москва — Ленинград 1932.
18. **В. Шталь.** Метеорологічна служба в РСЧА. Харьков. 1932.
19. Международный атлас облаков (сокр. изд.).
20. **А. Дюбюк.** Типы погоды Москва. 1932.
21. **П. А. Молчанов** Аэрология.
22. **Молчанов.** Методы исследования свободной атмосферы. Ленинград. 1928.
23. Памятка по даче сведений об „авиапогоде“ на аэродромы и при перелетах ВВС РККА. Москва. 1934.
24. **Н. Д. Парский.** Метеорологическое обеспечение военных действий и климатология.
25. L. Bergeron. Richtlinien einer dynamischen Klimatologie. Meteorologische Zeitschrift. 1930. Heft 7.
26. D. Breithaupt. Gewittergefahren und ihr Einfluß auf die Führung von Luftschiffen. Das Luftschiff 1. 2. 1929.
27. Статьи и заметки в Вестн. воздушн. флота и др. журнал.
28. **Борщевский.** Причины поражения зданий домовыми грибами.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ТАБЛИЦА ВЕТРОВ

м/сек.	км/ч.	Баллы Бофорта	Флюгер №№ штифтов		Наименование ветра	Действие ветра
			Легк. доска	Тяжелая доска		
0	0	0	0	0	Штиль	Дым поднимается вверх. Флаг висит спокойно.
1	3,6	1	0—1	—	Тихий	Дым слабо отклоняется в стороны. На деревьях листья шелестят. Зажженная спичка не тухнет, но пламя заметно отклоняется.
2	7,2	2	1	—	Легкий	Движутся тонкие ветви деревьев. Флаг слабо развивается. Пламя быстро тухнет.
3	10,8	—	1—2	—		
4	14,4	3	2	1	Слабый	Заметно движет листья на деревьях и раскачивает небольшие ветви. Флаг развивается вполне.
5	18,0	—	2—3	—		
6	21,6	—	3	—	Умерен.	Раскачивает большие ветви деревьев. Флаг рвет.
7	25,2	4	3—4	—		
8	28,8	—	4	2		
9	32,4	—	4—5	—	Свежий	Раскачивает небольшие стволы деревьев. Затрудняется рулежка.
10	36,0	5	5	—		
11	39,6	—	—	—	Сильный	Раскачивает деревья; сильно треплет палатки.
12	43,2	6	5—6	3		
13	46,8	—	—	—		
14	50,4	—	6	4	Крепкий	Может опрокинуть стоящий на аэродроме самолет. Срывает палатки.
16	57,6	7	—	—		
17	61,2	—	6—7	—		
18	64,8	—	—	—	Очень крепкий	Ломает тонкие ветви деревьев. Затрудняет движен.
20	72,0	8	7	5		
21	75,6	9	—	—	Шторм	Производит разрушения.
22	79,2	—	—	—		
25	90,0	10	—	—	Сильный шторм	Срывает крыши, ломает деревья.
28	100,8	—	—	6	Жестокий шторм	Вырывает с корнем большие деревья, производит сильные разрушения.
29	104,0	11	—	—		
29	108,0	—	—	—	Ураган	
40	144,0	12	—	7		

РАСПИСАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОПЕРЕДАЧ

Время декретное

ГОРОД	Позыв	Волна	Время передачи (Декретное II пояс + 1 ч.)				Как передается	Что передается
			Ночная	Утренняя	Дневная	Вечерн.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Москва	RNO	3350	7—20	11—20	17—20	23—20	Ключ	Цифр. материал за 7, 13, 19 час. по СССР
	RW-1	1481	02—00	13—30	—	—	Телеф.	Сокращенным кодом за границу и СССР царо-пилоти наблюден. об уровне воды, обзор за данный день и прогноз
	2KCF	44	—	12—15	18—30	23—25	Телеф.	Дополнит. цифров. мат.
	ГАМС	521	—	12—00	—	—	—	Добавоч. сведения Моск. бюро погоды
Харьков	RAZ	1680	4—30	10—30	15—30	22—30	Ключ	Цифровые сводки по Украине
	RW-4	937,5	—	—	15—30	19—30	Телеф.	Прогноз и обзор за 7 часов
	RKNУ	51,03	8—15	9—15	10—00	13—00	Ключ	Цифровой материал
Киев	RAG	1034,5	—	10—45	14—50	00—10	Телеф.	Цифровой материал и прогноз правобережья Днепра
	RKNL	52,5	5—15	13—15	16—00	23—10	Ключ	
Тифлис	RDK	2700	—	10—50	12—15	—	Ключ	Цифровой материал
Ленинград	RHAM	44	04—30	12—00	16—05	19—50	Ключ	Цифровой материал. Сост. льдов.
	RW-53	857	00—30 06—30	12—50	18—50	19—30	Телеф.	Цифровой материал
	RDB	600	08—00	13—00	15—00	19—30	Ключ	Прогнозы по Финскому заливу. Сост. льдов.

ГОРОД	Позыв	Волна	Время передачи				Как передается	Что передается
			Декретное II пояс+1 ч.					
			Ночная	Утренняя	Дневная	Вечерн.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ростов на Дону	RAO	848,7	—	10—15	15—50	21—30	Ключ	Цифровой материал
Севастополь	RCT	1714	9—50	12—25	15—20	21—50	Ключ	Цифр. матер. по побер. Черн. моря в 15—20 прогноз
	RCT	1714	12—25	—	18—25	23—25	Ключ	Балк. Турц., Италию, Англ., Франц., СССР сокр. кодом.
	RCT	600	—	13—00	—	23—50	Телеф.	
Воронеж	RW - 25	750	9—35	—	—	00—20	Телеф.	Цифровой материал, обзор и прогноз по ЦЧО
Саратов	RILA	56	9—00	—	15—00	22—00	Ключ	
	RW - 3	882	—	—	15—45	—	Телеф.	
Новосибирск	RW - 6	1250	—	13—00	—	—	Телеф.	
	Au1 KAC	42	10—15	—	20—00	—	Ключ	
Ташкент	RKU	81	10—00	—	16—00	—	Ключ	
	RW - 11	1170	—	13—00	—	—	Телеф.	
Ашхабад	RW - 19	1260	—	14—00	—	—	Телеф.	

ГОРОД	Позыв	Волна	Время передачи				Как передается	Что передается
			Декретное II пояс+1 ч.					
			Ночная	Утренняя	Дневная	Вечерн.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Феодосия	REK	1200	8—50	14—50	20—50	—	Ключ	Цифровой материал по побережью Черного и Азовского морей
	REK	1800	10—45	16—45	21—45	—	Ключ	
	REK	1800	10—45	16—45	21—45	—	Ключ	
Смоленск	RW - 24	636,1 (631,6)	13—00	15—00	20—00	22—00	Телеф.	Цифровой материал Зап. Европы и СССР. В 15 час. анализ 7-час. карты и прогноз по Зап. обл.
Иркутск . .	RKM	27	7—00	13—00	19—00	—	Ключ	Цифровой материал
Свердловск	RW - 5	825	—	13—40	—	—	Телеф.	Цифровой материал
	RHX	2860	9—30	15—30	21—30	—	Ключ	
Минск	RW - 10	—	—	17—30	20—15	—	Телеф.	
Австрия	UOW	3054	—	10—50	16—50	21—50	Ключ	Цифровой материал
Англия	GFA	4100 *	05—00	10—45	16—45	20—45	„	* 32 м
Болгария	LZS	3000	—	10—55	16—55	22—55	„	„
Венгрия	HAB	4600	—	10—45	16—45	21—45	„	„
Германия	DKB DDM	3350 43	9—30*	10—15	16—15	21—15	„	* 1444 м
	DKB DDM	3350 43	—	10—50	16—50	24—00	„	„
	DKB DDM	3350 43	—	12—00	18—00	23—00	„	„

ГОРОД	Позыв	Волна	Время передачи				Как передается	Что передается
			Декретное II пояс+1 ч.					
			Ночная	Утренняя	Дневная	Вечерн.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Греция	SXA	3600	—	10—25	16—25	22—15	Ключ	Цифровой материал
Дания	OXE	5450 36	—	10—35	16—35	21—35	„	„
Италия	IBF	3220	—	10—20	16—20	—	„	„
	IBF	3220	—	10—50	16—50	21—50	„	„
Латвия	ULQ	3750	—	10—35	16—35	21—35	„	„
Литва	RУK	3575	—	11—30	17—30	—	„	„
Мальта	GVZ	6680	—	10—07	16—07	21—07	„	„
Норвегия	LCH	5450	—	10—50	16—50	21—50	„	„
Польша	SPJ	3675	—	11—00	17—00	22—00	„	„
Румыния	SOB	11825	—	12—00	18—00	23—10	„	„
Турция	TAE	3030	—	11—30	17—30	23—00	„	„
Финляндия	OHA	3240	—	11—05	17—05	22—05	„	„
Франция	FLE FLJ	7200 32,30	9—20	10—25	16—25	21—25	„	„
Чехословакия	OKP	6170	—	10—40	16—40	21—40	„	„
Швейцария	HBB	2900	—	10—12	16—12	21—12	„	„
Швеция	SAJ	4275	—	10—40	16—40	21—40	„	„
Эстония	ESA	3500	—	10—30	16—30	21—30	„	„
Юго-Славия	UNB	3480	—	10—15	16—15	23—15	„	„

НАУЧНЫЕ ПРИМЕТЫ О ПОГОДЕ

I. Ухудшение погоды в ближайшие часы

Облака

1. Если кучевые облака значительно возрастают по величине и принимают размеры громадных гор в несколько км вышиной и с плоским основанием, то при отсутствии постоянного ветра можно ждать грозы или дождя.

Примечание: Если такое очень высокое кучевое облако переходит в грозовое и в верхней части своей выпускает из себя как бы метлы перистых облаков или расширяется в виде гриба, то, при значительной абсолютной влажности внизу можно ожидать града.

2. Если утром или днем видны барашки, а к вечеру появляются слоисто-кучевые облака, то можно ожидать ночной грозы при незначительных осадках.

Примечание: Если летом при хорошей погоде днем облака имеют преимущественно характер слоисто-кучевых, то ночные грозы повторяются часто несколько ночей подряд.

3. Если после прохождения циклона (преимущественно при СЗ ветре) над разорванными кучевыми облаками будут замечены высоко и быстро несущиеся перистые облака, то это есть признак приближения нового циклона, хотя бы барометр еще и не падал. СЗ ветер скоро сменится СВ и В.

4. Если нижняя граница кучевых облаков к полудню не подымается, а остается на одной высоте или опускается, верхушки же их заметно растут, то это есть признак вероятного дождя или грозы.

5. Когда проходит большое грозовое облако с низким основанием и очень высокой вершиной и одновременно наблюдается необычайно большая абсолютная влажность — вероятно выпадание града.

6. „Если облака занялись тканьем, то будет дождь прежде, чем они кончат" (если два потока облаков — верхний и нижний — быстро несутся поперек друг друга).

Ветер

7. Если при ясной погоде ветер несколько дней подряд сохранял приблизительно одно и то же направление с незначительными суточными колебаниями, но затем резко изменился, то можно ожидать изменения погоды и осадков.

8. „Шопот рощи говорит о приближающейся буре" (указывает на значительный ветер, предшествующий циклону и сопровождающий его

9. „Когда лес шумит на горах — закрывайте окна и двери" (сильный ветер на высотах — признак приближающегося циклона).

10. „Если дождик перед ветром — ждите дальнейшего усиления ветра".

Давление

11. Если барометр падает очень быстро, можно ожидать бури.

12. Если при падении барометра кривая барографа обращена своей выпуклостью вверх, то можно ожидать значительного усиления ветра и ухудшения погоды.

13. Если барометр с утра начинает медленно понижаться, а температура и абсолютная влажность одновременно возрастают быстрее обыкновенного, то можно ожидать осадков, летом—грозы.

Влажность

14. Если абсолютная влажность между двумя последовательными срочными наблюдениями увеличится более чем на 2 мм, то на следующий день можно с некоторой вероятностью ожидать обильных осадков.

15. Ясная слышимость слабых звуков указывает на большую влажность в нижних слоях атмосферы и на возможность гроз и осадков.

16. Если сильно растет абсолютная влажность и температура — признак приближающейся депрессии с грозой.

Световые явления

17. Красное солнце при восходе — скоро дождь.

18. Красная заря утром — сегодня дождь.

19. Радуга утром — к дождю.

20. Радуга с наветренной стороны — день будет дождливым.

21. Усиление красного цвета в радуге — к дождливой погоде.

22. Превращение белой радуги в обыкновенную — к ненастью.

23. Индейская примета: „Когда солнце находится в своем доме (т. е. имеется круг около солнца) — скоро будет дождь".

24. Чем больше кольцо (не венец) тем ближе дождь.

25. Если звезды мерцают на темном фоне, скоро будет дождь.

26. Если венцы уменьшаются, то это признак плохой погоды.

27. Если венцы появляются раньше, а затем их сменяют гало, то возможно ухудшение погоды.

II. Ухудшение погоды в ближайшие сутки

Облака

28. Если перистые облака от одной из точек западной половины неба движутся с такой быстротой, что движение их легко обнаруживается невооруженным глазом, это указывает на приближение циклона.

Примечание: 1. Если после появления таких быстро движущихся перистых облаков небо покрывается тонкими, прозрачными перисто-слоистыми облаками, то наступление пасмурной погоды с дождем или снегом еще более вероятно.

2. Если одновременно усиливается ветер и направление движения облаков не совпадает с направлением ветра внизу, но значительно отклоняется от него (преимущественно в правую сторону), то еще с большей вероятностью можно ожидать ухудшения погоды.

29. Если при наблюдении перистых облаков можно обнаружить „базу" т. е. когда перистые облака не являются разрозненными, но связаны с местом особого их скопления — базой — у горизонта), то это может служить признаком приближающегося циклона.

30. Чем больше, разнообразие форм Ci, особенно, если наряду с обыкновенными Ci встречаются Cist, Cicu и в частности волнистые формы последних, там, вообще, говоря, более вероятно приближение ненастья.

31. Изменение в состоянии Ci относятся к признакам ненастья. Чем быстрее и интенсивней происходит изменение, тем скорее и больше наступает ненастье.

32. Если перистые облака располагаются в виде длинных полос, пересекающих значительную часть неба и кажущихся как бы расходящимися из одной точки (точек радиации), то это часто служит признаком прохождения по соседству вторичной депрессии и иногда предвещает осадки без сильного ветра, а летом грозы.

33. Если кучевые облака к вечеру не рассеиваются и не исчезают, то можно ожидать ухудшения погоды или дождя.

34. Если солнце садится в сплошную низкую тучу на горизонте и над нею слои перистых или слоисто-перистых облаков, то вероятность дождя или перемены погоды значительная.

35. Если ясно днем, но к вечеру облака начинают сгущаться и утолщаться, то можно ожидать приближения циклона и продолжительного ненастья.

36. „Чешуя макрели (Cicu) и лошадиные гривы (Ci) заставляют гордые корабли спускать паруса".

37. Если увидишь на небе кисть художника, скоро вокруг тебя будут дуть ветры.

38. Утром облака в виде гор — вечером потоки дождя.

Ветер

39. Если ветер к вечеру усиливается и поворачивает по солнцу, почти наверно можно ожидать приближения циклона и продолжительного ненастья.

Давление

40. Если барометр опускается непрерывно в течение целого дня, то можно ожидать прохождения циклона или частной депрессии и связанной с ними перемены погоды.

41. Если при быстром падении или повышении барометра это изменение вдруг прекращается и барограф начинает чертить почти горизонтальную линию, то это указывает на частную депрессию и возможность обильных осадков, иногда гроз.

Световые явления

42. Если радужные венцы вокруг луны имеют очень малый диаметр, то на следующий день или через 2 дня можно ожидать осадков.

43. Ненормальная рефракция, сопровождающаяся поднятием горизонта и ясной видимостью отдаленных предметов после сухой погоды, — признак наступления ненастья.

44. Необыкновенно сильное мерцание звезд (в особенности к утру) также служит признаком дождя.

45. Перед дождем звезды мерцают преимущественно синим цветом, перед засухой — зеленым.

45. Если вечерняя заря продолжается дольше, а утренняя заря начинается раньше чем обыкновенно — в данное время года, то вероятно наступление пасмурной погоды.

47. „Серый вечер и красное утро — печалят пастуха".

48. Усиление радужной окраски края земной тени на восточном небе — после захода солнца.

49. „Солнечное сияние и ливень — завтра опять дождь".

50. „Из-заоблачное сияние обычно служит предвестником дождя".

Разные

51. „Если утром трава сухая — к ночи ожидай дождя".

52. „Если утром гремит гром — к вечеру будет дождь".

III. Признаки, характеризующие прохождение циклона

53. Если ветер крепчает и вращается по направлению часовой стрелки, то это указывает, что циклон захватывает место наблюдения своей правой стороной.

54. Если ветер усиливается и вращается против стрелки часов, то это значит, что циклон проходит над наблюдателем своей левой стороной.

55. Если по небу несутся отдельные небольшие кучевые облака в том же самом направлении, в каком дует ветер внизу, то это означает, что наблюдатель находится в задней части циклона.

56. Если при падающем барометре ветер усиливается, почти не изменяя своего направления, то вероятно, что центр циклона пройдет над местом наблюдения.

IV. Признаки установившейся хорошей погоды

57. Если суточные колебания всех или по крайней мере главных метеорологических элементов выражены правильно и резко, то это в наших широтах служит признаком прочно установившейся антициклонической погоды.

То же предвещают и следующие частные приметы:

а) если суточные колебания барометра выражены резко;

б) если утром небо ясно, то к 10 часам появляются округленные кучевые облака, усиливающиеся до послеполуденных часов и исчезающие вновь к вечеру;

в) если при условии (б) утром рано видны перистые облака, кажущиеся неподвижными и исчезающие в течение дня;

г) если нижняя плоская граница кучевых облаков, появившихся утром, к полудню (или к 14 часам) заметно поднимается, т. е. удаляется от земли;

д) если ночью тихо, утром же через час или через два после восхода солнца поднимается ветер, усиливающийся до полудня и вновь стихающий к вечеру;

е) если на берегу моря или очень большого озера в течение нескольких суток ветер днем дует с воды на сушу, а ночью, наоборот, от суши к воде;

ж) если в гористой местности ветер дует днем от долин к вершинам гор и перевалам, а ночью наоборот;

з) если ветер до полудня слабо поворачивает по солнцу, а после полудня к вечеру наоборот;

и) если относительная влажность утром сильно уменьшается, а к вечеру опять возрастает;

к) если абсолютная влажность, не представляя очень больших колебаний, вообще следует за суточными колебаниями температуры;

л) если суточная амплитуда температуры велика, т. е. днем жарко, а ночью свежо или холодно.

58. Если в ложбинах, низьменных местах и вблизи пыльных дорог вечером и ночью собирается туман, расходящийся после восхода солнца.

59. Если в 21 час температура на поверхности травы значительно ниже, чем в высокой термометрической будке.

60. Если ночью в лесу значительно теплее, чем в поле.

61. Если вечером и ночью при восхождении на холм или возвышенность чувствуешь, что входишь в более теплый воздух.

62. Если после заката при совершенно ясном небе на западе долго видно почти белое серебристое сияние, почти без всяких резких границ, то это указывает на продолжительную ясную погоду.

63. Преобладание желтых или желто-розовых тонов указывает на малое количество влаги в воздухе, а следовательно на сухую и обычно ветренную погоду.

64. Если при этом заря продолжается долго, то можно ожидать, что предуказываемый ею тип погоды установится на ряд дней.

65. Нежно розовый цвет пятна первой западной зари, а также ослабление его и замена золотистым цветом зари дает указание на продолжение устойчивой безоблачной погоды.

66. Сухой туман или мгла, в особенности сопровождаемые запахом гари, указывают на сухую и теплую погоду.

67. „Когда увидишь зеленый луч при закате, ожидай на завтра хорошей погоды".

68. Сильная роса — признак хорошей погоды.

V. Признаки улучшения погоды в ближайшие часы

Облака

69. Если при надвигании грозовых облаков нижняя поверхность их постепенно становится как бы гроздевидной (Маси), то это служит признаком того, что гроза может разойтись и облака рассеются без значительного дождя.

70. Если облака идут с запада — наступает хорошая погода.

Световые явления

71. Радуга с подветренной стороны — день прояснится.

72. Если во время переменной погоды около луны или солнца появляются 1 или 2 радужных венца градусов 20 в диаметре, то это хороший признак наступления сухой погоды на несколько дней.

73. Если гало предшествует венцам, то это можно считать за улучшение погоды.

74. Если обыкновенная радуга постепенно теряет окраску, переходя в белую, это признак того, что дождь переходит в туман, что обычно предшествует хорошей погоде.

75. Исчезновение под горизонтом обычно видимых предметов.

Разные

76. „Если дождик после ветра — поднимайте паруса“ (морская примета)

VI. Признаки улучшения погоды в ближайшие сутки

77. Если по небу несутся отдельные небольшие кучевые облака в том же направлении, в каком дует ветер внизу, то это предвещает улучшение погоды.

78. Если видны как бы изорванные очень высокие перистые облака причудливых форм и кажутся как бы неподвижными и не имеют видимой связи с несущимися внизу кучевыми облаками, то это в некоторых случаях может предвещать продолжительную хорошую погоду.

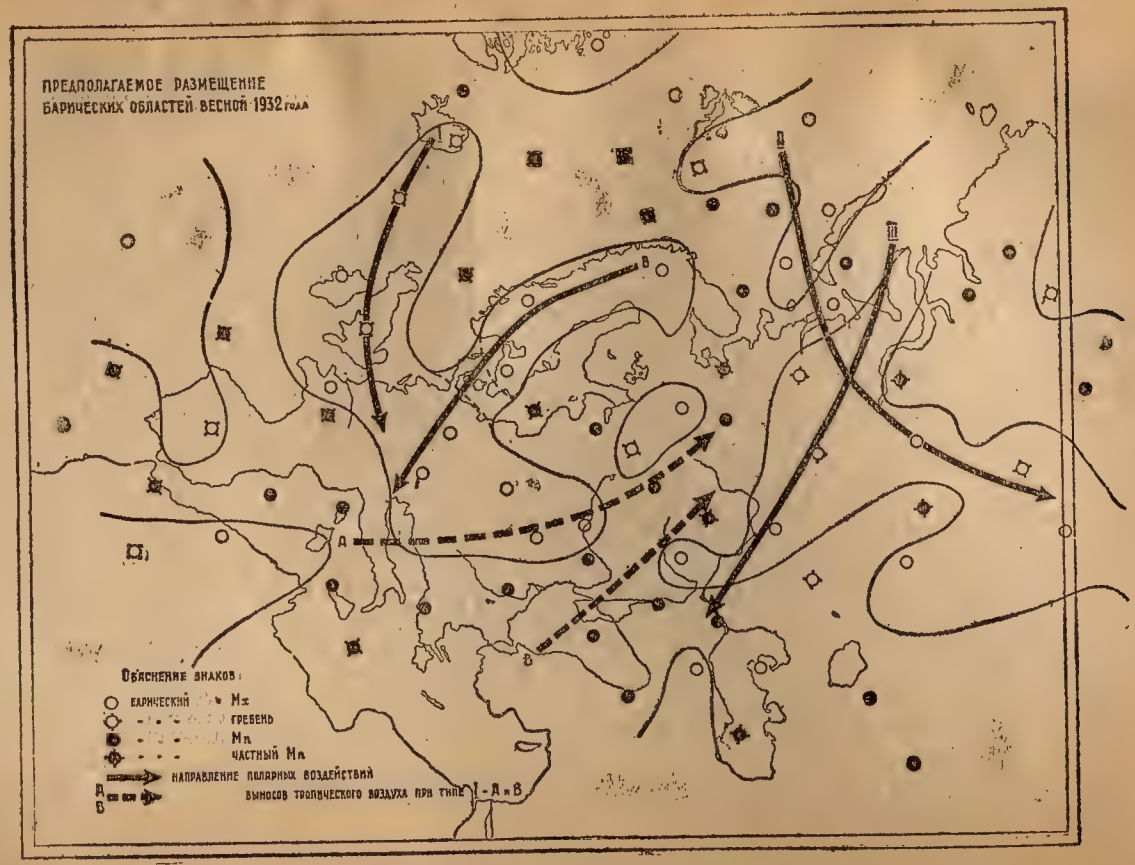
79 Если при падении барометра кривая барографа обращена своей выпуклостью книзу, то можно ожидать прекращения падения и поворота погоды к лучшему.

80. Если при повышении барометра кривая барографа обращена своей выпуклостью кверху, то можно ожидать ослабления ветра и тихой погоды.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТУМАНОВ

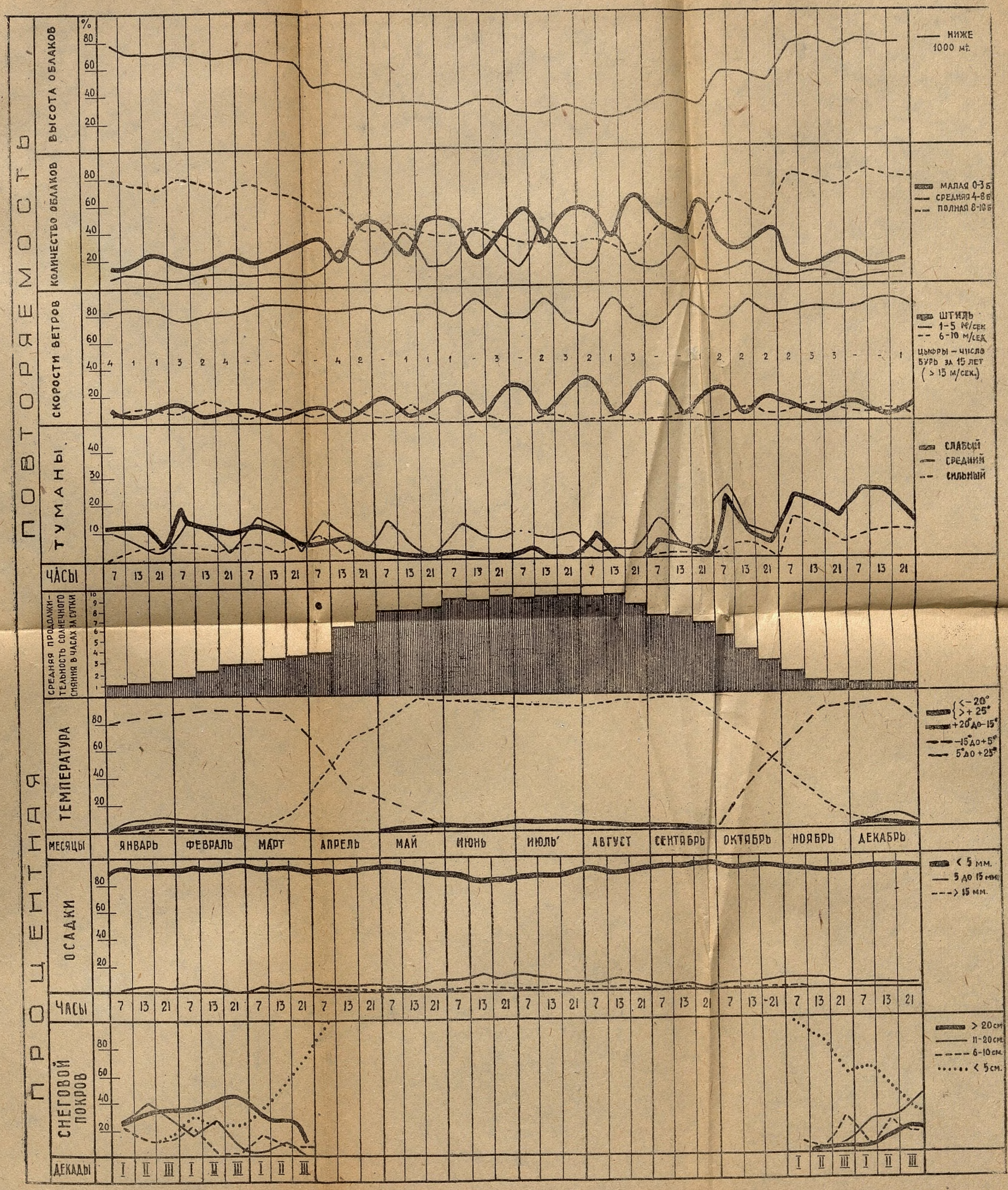
Класс	Группа	Подгруппа	Название тумана, время появления и характеристика	Вертикальная мощность тумана в метрах	Причины образования
I класс. Туманы внутри воздушных масс	I-я группа Адвективные типы, т. е. связанные с переносом воздушных масс в горизонтальном направлении	А. Типы, связанные с переносом теплого воздуха над холодной поверхностью	1. Морской туман весной и летом в области уходящ. циклона. Устойчив.	от 70 до 300 м	Вследствие переноса воздуха с теплой водной поверхности на холодную
			2. Муссонный туман (теплое время года в прибережных частях моря)	от 300 до 400 м	Значительная разность температур между сушей и морем и достаточная абсол. влажность. Бывает над морем
			3. Туман тропического воздуха (земной туман) довольно плотен	до 100 м	Возникает в тропич воздухе, идущем о низких широт в бо лее высокие, вследствие постепенного охлаждения
		Б. Типы, связанные с переносом холодного воздуха над теплой водн. поверхностью	1. Испарения арктических морей (наблюдается зимой над морем (рек, озер) при антицикл. погоде	до 200 м	Благодаря соприкосновению сравнительно теплой воды с более холодным воздухом
			2. Осенние утренние испарения. Осенью и зимой	200 м	Образуется от протекания над те лой водою (реками, озерами) воздуха, охлажденного от почвы
	2 группа—радиационные типы, связанные с инверсией и тихой, безоблачной погодой	А. Результат ночного охлаждения нижн. слоя	Поземный туман. В антициклонах осенью и зимой в ясные тихие ночи (непродолжителен)	Несколько метров, в искл. случаях до 200 м	От охлаждения воздуха главным образом от почвы
		Б.	Высокий антициклональный туман. В антициклоне с октября по март. Захватывает области большого пространства и сохраняется в течение ряда дней	до 2000 м	Иногда переходит из поземного в виду радиционного выхолаживания воздушных слоев

Класс	Группа	Подгруппа	Название тумана, время появления и характеристика	Вертикальная мощность тумана в метрах	Причины образования
I класс. Туманы внутри воздушных масс	3-я группа (сочетание первых 2-х)		Приморский тип (холодный период)		Связан с охлаждением над сушей очень влажного морского воздуха
II класс. Фронтальные туманы	1-я группа. Туманы перед фронтом	А.	Перед теплым фронтом (в зоне 150 — 200 км). Зимой внутри материка	от 200 до 300 м	В результате насыщения холодного воздуха дождем теплого фронта и адиабатического охлаждения
		Б.	Перед холодным фронтом		От общего охлаждения тропического воздуха при переходе в высокие широты и адиабатического расширения
	2-я группа. Туманы при прохождении фронтов	Являются не туманами, в общепринятом смысле слова, а низкими облаками			


ПРЕДПОЛАГАЕМОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ
БАРИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ВЕСНОЙ 1932 года
Объяснение знаков:
БАРИЧЕСКИЙ Мх
ГРЕБЕНЬ
Мп
ЧАСТНЫЙ Мп
НАПРАВЛЕНИЕ ПОЛЯРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ВЫНОСОВ ТРОПИЧЕСКОГО ВОЗДУХА ПРИ ТИПЕ I-Д и В

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОШИБКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
В оглавлении строчку „указатель примет . . . 95" надо вычеркнуть.			
30	9 снизу	Арктический |У|Н|Н|X|X|	Арктический |У|Н|Н|***|***
30	10 снизу	холодного воздуха ***	холодного воздуха *
30	18 снизу	СШ*	СШ
33	2 сверху	кучевые[2]	кучевые *
60	2 снизу	(приложение 2)	(приложение 7)
61	3 сверху	(приложение 2)	(приложение 7)
61	6 снизу	(приложение 2)	(приложение 7)
62	7 сверху	(приложение 2)	(приложение 7)
67	2 сверху	в приложении № 3	в приложении № 9
69	2 группа	N_z	N_1
70	9 сверху	N_z	N_1
70	20 сверху	погода в срок |WW|— „ —	погода в срок |WW |черный
70	23 сверху	C_z	C_1
71	10 сверху	C_z	C_1
74	8 сверху	жения 5	жения 10
79	4 снизу	$\frac{1}{(20000000}$	$\left(\frac{1}{20,000.000}\right)$
81	15 сверху	Обстановки (района из	Обстановки района (из
93	16 снизу	9)	5)

Приложение 6.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХАРЬКОВА